

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-291264

(P2002-291264A)

(43) 公開日 平成14年10月4日 (2002. 10. 4)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 2 N	2/00	H 0 2 N 2/00	C 2 F 0 8 2
G 0 4 C	3/00	G 0 4 C 3/00	C 5 H 6 8 0
	3/12	3/12	A

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2001-91115(P2001-91115)

(22) 出願日 平成13年3月27日 (2001. 3. 27)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 赤羽 秀弘

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 古畑 誠

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100098084

弁理士 川▲崎▼ 研二

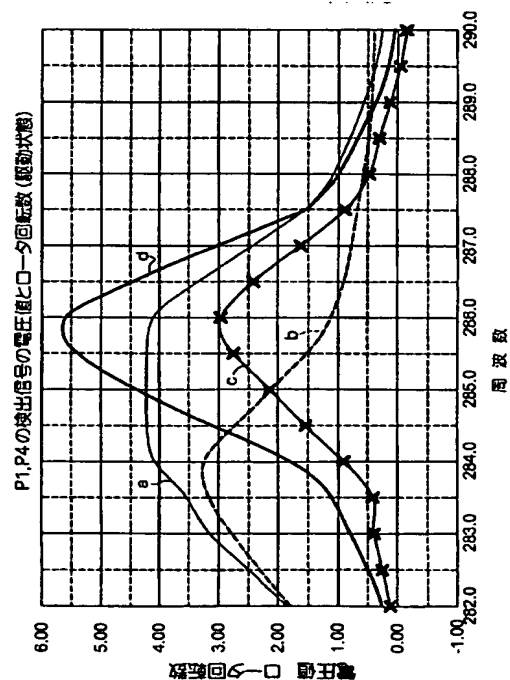
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ、圧電アクチュエータの駆動装置、圧電アクチュエータの駆動方法、時計および携帯機器

(57) 【要約】

【課題】 小型・薄型の構成でありながら、高効率かつ安定した駆動を行うことができる圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 駆動回路500Aは、減算回路501によって、検出用電極34A、34Bからの振動板10の歪みに対応した検出信号Va、Vbの差信号Vcを算出し、遅延回路502によって所定時間tpだけ遅れた遅延信号Vdを生成する。比較回路503には差信号Vcと遅延信号Vdとが入力され、電圧値の大小から比較結果信号Veが電圧調整回路504に供給される。電圧調整回路504、VCO504およびドライバ回路506は、この比較結果信号Veに基づいた周波数の駆動信号Vhを生成し、振動板10に供給する。このように、駆動回路500Aは、振動板10の歪みを検出しこの歪みから振動板10を常に最大で振動するようになるように駆動信号Vhの周波数を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも 1 つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、を具備しており、前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、前記振動板には、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を設けたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の圧電アクチュエータにおいて、前記縦振動の方向に延びる線を横線として規定し、前記縦振動の節となる点を通り前記横線に直交する方向に延び、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の反対側に位置した部分を重量が等しい 2 つの部位に分割する線を縦線として規定し、前記縦線と前記横線とが交わる交点に対し、前記当接部と点対称な位置で、かつ前記 2 つの部位の重量に差異を持たせるバランス調整部を、前記部位の少なくともいずれか一方に設けることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の圧電アクチュエータにおいて、前記振動板には、前記縦振動の節となる部分に支持部材を設けたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 4】 請求項 1 記載の圧電アクチュエータにおいて、前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置したことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 5】 請求項 1 記載の圧電アクチュエータにおいて、前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置した第 1 検出部と、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の逆側に配置した第 2 検出部と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 6 記載の圧電アクチュエータにおいて、前記歪検出部は、検出用電極と、この検出用電極が配置された圧電素子の部分と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 記載の圧電アクチュエータにおいて、

前記歪検出部は、前記圧電素子の面上に配置された圧電センサであることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 8】 駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも 1 つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部と、を具備しており、

10 前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータの駆動装置であって、制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成部と、前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成部と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、

20 前記駆動信号生成部は、前記制御信号の電圧値に対応する周波数を有する基準信号を出力する電圧制御発振回路と、前記基準信号に基づいて前記駆動信号を生成するドライバ回路と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項 10】 請求項 8 または 9 記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、

前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、

30 前記制御信号生成部は、前記検出された信号のうち振幅の最大値を検出してピーク信号を出力するピークホールド回路と、

前記ピーク信号を所定時間遅延した遅延信号を出力する遅延回路と、

前記ピーク信号の電圧値と前記遅延信号の電圧値とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、

40 前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項 11】 請求項 8 または 9 記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、

前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、

前記制御信号生成部は、前記検出された信号の位相と、前記駆動信号の位相との位相差を検出し、前記位相差に相当する電圧値を有する位相差電圧信号を出力する位相差—電圧変換回路と、

50 前記位相差電圧信号を所定時間遅延した遅延信号を出力

する遅延回路と、  
前記位相差電圧信号の電圧値と前記遅延回路の電圧値とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、  
前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項12】 請求項8または9記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、  
前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、  
前記制御信号生成部は、前記検出された信号の位相と、前記駆動信号の位相との位相差を検出し、前記位相差に相当する電圧値を有する位相差電圧信号を出力する位相差—電圧変換回路と、  
前記検出信号の位相と前記駆動信号の位相との所定基準位相差に相当する電圧を有する基準位相差信号を出力する定電圧回路と、  
前記位相差電圧信号と前記基準位相差信号とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、  
前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項13】 請求項8または9記載の圧電アクチュエータの駆動装置において、  
前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置した第1検出部と、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の逆側に配置した第2検出部と、を具備し、  
前記制御信号生成部は、前記第1検出部、第2検出部からそれぞれ検出される信号の差から差信号を出力する減算回路と、  
前記差信号を所定時間遅延した遅延信号を出力する遅延回路と、  
前記差信号の電圧値と前記遅延回路の電圧値とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、  
前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動装置。

【請求項14】 駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、  
前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータの駆動方法であって、

制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成過程と、  
前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成過程と、を具備したことを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項15】 請求項14記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、  
前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、  
前記制御信号生成過程は、前記検出された信号のうち振幅の最大値を算出し、この最大値に基づいて前記制御信号を生成することを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項16】 請求項15記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、  
前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、  
前記制御信号生成過程は、前記検出された信号の位相と、前記駆動信号の位相との位相差を算出し、この位相差から前記制御信号を生成することを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項17】 請求項15記載の圧電アクチュエータの駆動方法において、  
前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置した第1検出部と、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の逆側に配置した第2検出部と、を具備し、  
前記制御信号生成過程は、前記第1検出部、第2検出部からそれぞれ検出される信号の差を算出し、この差から前記制御信号を生成することを特徴とする圧電アクチュエータの駆動方法。

【請求項18】 駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、  
前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータと、  
制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成部、および前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成部を有する駆動装置と、  
前記圧電アクチュエータによって駆動されるカレンダー表示車と、  
前記駆動装置に電力を供給する電源と、を具備すること

を特徴とする時計。

【請求項 19】 駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも 1 つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、

前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータと、制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成部、および前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成部を有する駆動装置と、前記駆動装置に電力を供給する電池と、を具備することを特徴とする携帯機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電素子を有する圧電アクチュエータ、圧電アクチュエータの駆動装置、圧電アクチュエータの駆動方法、時計および携帯機器に関する。

【0002】

【従来の技術】圧電素子は、電気エネルギーから機械エネルギーへの変換効率や、応答性に優れていることから、近年、圧電素子の圧電効果を利用した各種の圧電アクチュエータが開発されている。この圧電アクチュエータは、圧電プザー、プリンタのインクジェットヘッド、あるいは超音波モータなどの分野に応用されている。

【0003】圧電素子の変位は供給される駆動信号の電圧値にもよるが微小であり、サブミクロン程度であるのが通常である。このため、何らかの増幅機構によって変位を増幅して駆動対象に変位を伝達することが行われている。しかし、増幅機構を用いた場合、それ自身を動かすためにエネルギーが消費され、効率が低下するといった問題がある上に、装置のサイズが大きくなってしまふといった問題がある。また、増幅機構を介する場合、駆動対象に対して安定した駆動力を伝達することが困難となることもある。

【0004】また、腕時計のような小型の携帯機器は電池によって駆動されるため、消費電力や駆動信号の電圧値を低く抑える必要がある。このような携帯機器に圧電アクチュエータを組み込む場合、特に圧電アクチュエータは、そのエネルギー効率を高く、駆動信号の電圧値を低くしたものが要求される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、時計などには、日付や曜日表示するカレンダー表示機構が備えられている。これらのカレンダー表示機構には、月末の日付補正を必要としないものがあり、これをオートカレンダー機

構と呼んでいる。このオートカレンダー機構の表示動作は、運針用とは別に設けられた電磁式のステッピングモータの回転駆動力を利用して、日車や曜車を駆動させるのが一般的である。一方、腕時計は、手首にベルトを巻き付けて携帯するものであるから、携帯に便利のように薄型化の要求が古くからある。この要求は、オートカレンダー表示機構を備えた腕時計であっても同様である。しかし、オートカレンダー表示機構を備えた腕時計は、係る機構を備えていない腕時計と比較した場合、日付表示用の駆動源を別途設ける分だけスペースが必要となり、オートカレンダー表示機構の駆動源にステッピングモータを用いた場合、そのスペースを確保した上で薄型化を図ることは、非常に困難であった。

【0006】そこで、高効率でありながら、小型機器への搭載を可能とするアクチュエータとして、薄板矩形状の圧電素子等から構成される振動板に駆動信号を印加することにより圧電素子を長手方向に伸縮させて縦振動を励振し、当該縦振動によって機械的に屈曲振動を誘発させる圧電アクチュエータが提案されている。このような圧電アクチュエータでは、振動板に縦振動および屈曲振動の両者を生じさせることにより、圧電アクチュエータにおいて駆動対象と接触する部位を楕円軌道で移動させる。これにより、この圧電アクチュエータは、小型薄型の構成でありながら、高効率の駆動を実現している。

【0007】しかし、上述した如く、圧電アクチュエータは、振動板に対して縦振動を電氣的に励振させ、この縦振動によって屈曲振動を機械的に誘発させるものである。このため、駆動信号を印加することにより圧電素子の伸縮によって生じる縦振動は、駆動信号の電圧値を制御することにより比較的容易に制御することができるものの、振動板の機械的な特性に応じて誘発される屈曲振動は容易かつ正確に制御することは困難である。このため、振動板の加工精度のばらつき等に起因して誘発される屈曲振動がばらついてしまうといった、製品としての安定度が欠落することも考えられる。また、屈曲振動は、振動板の形状などによって決まる機械的な特性によって決まるため、決められた形状などの機械的条件の下では、安定した振幅となる屈曲振動を得ることが困難であった。

【0008】本発明は、上記の事情を考慮してなされたものであり、小型・薄型化が可能な構成でありながら、高効率かつ安定した駆動を行うことができる圧電アクチュエータ、圧電アクチュエータの駆動装置、圧電アクチュエータの駆動方法、およびこの圧電アクチュエータを備えた時計、携帯機器を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る圧電アクチュエータは、駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少

なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、を具備しており、前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータであって、前記振動板には、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を設けたことを特徴としている。

【0010】この構成により、振動板には、供給される駆動信号によって圧電素子が伸縮し、振動板に長手方向に沿った縦振動が励振され、この縦振動に伴って屈曲振動が誘発される。例えば、歪検出部から検出される検出信号を用いて、駆動信号の周波数を補正するようにすれば、前記振動板に安定した振動を発生させることが可能となる。この圧電アクチュエータの構成では、厚み方向に各種部材を積層する構造を採る必要がないため、小型薄型化も容易である。

【0011】この構成において、前記縦振動の方向に延びる線を横線として規定し、前記縦振動の節となる点を通り前記横線に直交する方向に延び、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の反対側に位置した部分を重量が等しい2つの部位に分割する線を縦線として規定し、前記縦線と前記横線とが交わる交点に対し、前記当接部と点対称な位置で、かつ前記2つの部位の重量に差異を持たせるバランス調整部を、前記部位の少なくともいずれか一方に設けることが好ましい。

【0012】この構成において、前記振動板には、前記縦振動の節となる部分に支持部材を設けることが好ましい。

【0013】この構成において、前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置することが好ましい。

【0014】この構成において、前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置した第1検出部と、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の逆側に配置した第2検出部と、を具備することが好ましい。

【0015】この構成において、前記歪検出部は、検出用電極と、この検出用電極が配置された圧電素子の部分と、を具備することが好ましい。

【0016】この構成において、前記歪検出部は、前記圧電素子の面上に配置された圧電センサであることが好ましい。

【0017】本発明に係る圧電アクチュエータの駆動装置は、駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前

記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータの駆動装置であって、制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成部と、前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成部と、を具備したことを特徴としている。

【0018】この構成において、前記駆動信号生成部は、前記制御信号の電圧値に対応する周波数を有する基準信号を出力する電圧制御発振回路と、前記基準信号に基づいて前記駆動信号を生成するドライバ回路と、を具備することが好ましい。

【0019】この構成において、前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、前記制御信号生成部は、前記検出された信号のうち振幅の最大値を検出してピーク信号を出力するピークホールド回路と、前記ピーク信号を所定時間遅延した遅延信号を出力する遅延回路と、前記ピーク信号の電圧値と前記遅延信号の電圧値とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備することが好ましい。

【0020】この構成において、前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、前記制御信号生成部は、前記検出された信号の位相と、前記駆動信号の位相との位相差を検出し、前記位相差に相当する電圧値を有する位相差電圧信号を出力する位相差-電圧変換回路と、前記位相差電圧信号を所定時間遅延した遅延信号を出力する遅延回路と、前記位相差電圧信号の電圧値と前記遅延回路の電圧値とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備することが好ましい。

【0021】この構成において、前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、前記制御信号生成部は、前記検出された信号の位相と、前記駆動信号の位相との位相差を検出し、前記位相差に相当する電圧値を有する位相差電圧信号を出力する位相差-電圧変換回路と、前記検出信号の位相と前記駆動信号の位相との所定基準位相差に相当する電圧を有する基準位相差信号を出力する定電圧回路と、前記位相差電圧信号と前記基準位相差信号とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備することが好まし

い。

【0022】この構成において、前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置した第1検出部と、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の逆側に配置した第2検出部と、を具備し、前記制御信号生成部は、前記第1検出部、第2検出部からそれぞれ検出される信号の差から差信号を出力する減算回路と、前記差信号を所定時間遅延した遅延信号を出力する遅延回路と、前記差信号の電圧値と前記遅延回路の電圧値とを比較して比較結果信号を出力する比較回路と、前記比較結果信号を受けて、前記制御信号の電圧値を所定電圧値単位で調整する電圧調整回路と、を具備することが好ましい。

【0023】本発明に係る圧電アクチュエータの駆動方法は、駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータの駆動方法であって、制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成過程と、前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成過程と、を備えたことを特徴としている。

【0024】この構成において、前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、前記制御信号生成過程は、前記検出された信号のうち振幅の最大値を算出し、この最大値に基づいて前記制御信号を生成することが好ましい。

【0025】この構成において、前記歪検出部を前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置し、前記制御信号生成過程は、前記検出された信号の位相と、前記駆動信号の位相との位相差を算出し、この位相差から前記制御信号を生成することが好ましい。

【0026】この構成において、前記歪検出部は、前記振動板のうち前記縦振動の節となる部分を通り前記縦振動の振動方向に直交する方向に延びる横線から見て前記当接部側に配置した第1検出部と、前記振動板のうち前記横線から見て前記当接部の逆側に配置した第2検出部と、を具備し、前記制御信号生成過程は、前記第1検出部、第2検出部からそれぞれ検出される信号の差を算出し、この差から前記制御信号を生成することが好ましい。

【0027】本発明に係る時計は、駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータと、制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成部、および前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成部を有する駆動装置と、前記圧電アクチュエータによって駆動されるカレンダー表示車と、前記駆動装置に電力を供給する電源と、を具備することを特徴とする。

【0028】本発明に係る携帯機器は、駆動信号が供給されることにより、縦振動とこの縦振動にほぼ直交する方向に振動する屈曲振動とを発生させる圧電素子を少なくとも1つ有する振動板と、前記振動板に設けられ、駆動対象に当接される当接部と、前記振動板に設けられ、前記駆動対象を駆動する場合に前記振動板の歪みを検出する歪検出部を、を具備しており、前記縦振動および屈曲振動に伴う前記当接部の変位によって前記駆動対象を駆動する圧電アクチュエータと、制御信号に基づいて周波数補正を行った前記駆動信号を発生する駆動信号生成部、および前記歪検出部から検出された信号に基づき、前記制御信号を生成する制御信号生成部を有する駆動装置と、前記駆動装置に電力を供給する電池と、を具備することを特徴とする。

#### 【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明するに、本実施形態では、本発明による圧電アクチュエータによって駆動されるカレンダー表示機構を備えた腕時計を例示する。

#### A. 全体構成

まず、図1は、本発明の一実施形態に係る腕時計において、圧電アクチュエータを組み込んだカレンダー表示機構の主要構成を示す平面図である。同図に示すように、圧電アクチュエータAは、面内方向（図の紙面と平行な方向）に伸縮振動する振動板10を備えている。また、駆動対象となるロータ100は地板（支持体）103に回転自在に支持され、振動板10と当接する位置に配置されており、振動板10に生じる振動によってその外周面が叩かれると、図中矢印で示す方向に回転駆動されるようになっている。

【0030】次に、カレンダー表示機構は、ロータ100を介して圧電アクチュエータAに連結されており、ロータ100の駆動力によって駆動される。カレンダー表示機構の主要部は、ロータ100の回転を減速する減速輪列とリング状の日車50とから大略構成されている。ま

た、減速輪列は日回し中間車40と日回し車60とを備えている。

【0031】ここで、上述したように振動板10が面内方向に振動すると、振動板10と当接しているロータ100が時計回りに回転させられる。ロータ100の回転は、日回し中間車40を介して日回し車60に伝達され、この日回し車60が日車50を時計回り方向に回転させる。このように、振動板10からロータ100、ロータ100から減速輪列、減速輪列から日車50への力の伝達は、いずれも面内方向で行われる。このため、カレンダー表示機構を薄型化することができる。

【0032】図2は本発明の一実施形態に係る時計の断面図である。図において、網目部分に、上述した圧電アクチュエータAを備えたカレンダー表示機構が組み込まれ、時計全体を薄型にするために、カレンダー表示機構が組み込まれる厚さDも極めて薄くなる。カレンダー表示機構の上側には、円盤状の文字板70が設けられている。この文字板70の外周部の一部には日付を表示するための窓部71が設けられており、窓部71から日車50の日付が覗けるようになっている。また、文字板70の下側には、針72を駆動するムーブメント73、および後述する駆動回路（図示せず）が設けられている。

【0033】以上の構成において、圧電アクチュエータAは、従来のステッピングモータのようにコイルやロータを厚さ方向に積み重ねるのではなく、同一平面内に振動板10およびロータ100を配置した構成となっている。このため、構造は、ステッピングモータ等と比べて薄型に形成される。このように、カレンダー表示機構を薄型化することにより、時計全体の厚さを薄くすることができる。例えば、昨今発電機能を備えた腕時計が種々提案されているが、このような腕時計においては、発電機構と運針駆動用のモータ機構といった少なくとも2つの大きな構成要素を搭載しなくてはならず、このようにカレンダー表示機構を薄型化できることのメリットは大きいと言える。さらに、カレンダー表示機構を薄型化することにより、カレンダー表示機構をある時計と、係る表示機構のない時計との間でムーブメント73を共通化することができ、生産性を高めることができる。

#### 【0034】B. カレンダー表示機構の構成

次に、カレンダー表示機構の構成を、図1およびその断面図である図3を参照しつつ説明する。図において、地板103は、各部品を配置するための第1の地板であり、地板103'は、地板103に対して部分的に段差を持った第2の地板である。

【0035】圧電アクチュエータAによって回転駆動されるロータ100の上方には、ロータ100と同軸で、かつロータ100によって回転させられる歯車100cが設けられている。日回し中間車40は、大径部4bとこれと同心を成すように固着され大径部4bよりも若干小径に形成された小径部4aとから構成されており、ロ

ータ100に伴う歯車100cの回転に伴って、歯車100cと歯合する大径部4bが回転させられて中間車40が回転させられるようになっている。小径部4aの周面は略正方形に切り欠かれ、切欠部4cが形成されている。

【0036】また、地板103'には日回し中間車40のシャフト41が形成されており、日回し中間車40の内部にはシャフト41と連結する軸受（図示せず）が形成されている。従って、日回し中間車40は、地板103'に対して回転自在に設けられている。なお、ロータ100も内部に軸受（図示せず）を有しており地板103に対して回転自在に軸支されている。

【0037】次に、日車50は、リング状の形状をしており、その内周面に内歯車5aが形成されている。日回し車60は五歯の歯車を有しており、内歯車5aに噛合している。また、日回し車60の中心にはシャフト61が設けられており、日回し車60を回転自在に軸支している。シャフト61は、地板103'に形成された貫通孔62に遊挿されている。貫通孔62は日車50の周周方向に沿って長く形成されている。

【0038】次に、板バネ63は、その一端は地板103'に固定され、他端はシャフト61を図1の右上方向に弾圧している。これにより、板バネ63は、シャフト61および日回し車60を付勢する。また、この板バネ63の付勢作用によって日車50の揺動も防止される。

【0039】次に、板バネ64は、一端が地板103'にねじ止めされており、その他端には略V字状に折り曲げられた先端部64aが形成されている。また、接触子65は、日回し中間車40が回転し先端部64aが切欠部4cに入り込んだときに板バネ64と接触するように配置されている。板バネ64には所定の電圧が印加されており、接触子65に接触すると、その電圧が接触子65にも印加される。従って、接触子65の電圧を検出することによって、日送り状態を検出することができる。なお、内歯車5aに噛合する手動駆動車を設け、ユーザが竜頭（図示せず）に対して所定の操作を行うと、日車50を駆動するようにしてもよい。

#### 【0040】C. 圧電アクチュエータ C1. 圧電アクチュエータの概略構成

次に、本実施形態に係る圧電アクチュエータAについて説明する。図4に示すように、圧電アクチュエータAは、図の左右方向に長く形成された長板状の振動板10と、この振動板10を地板103（図1および図3参照）に支持する支持部材11とを備えている。

【0041】振動板10の長手方向の端部35には、当接部36がロータ100側に向けて突設されており、後述するバネ部材300等によってこの当接部36がロータ100の外周面に押圧した状態で接触させられている。このような当接部36を設けることにより、ロータ100との接触面の状態等を維持するために当接部36

に対してのみ研磨等の作業を行えばよいので、ロータ100との接触部の管理が容易となる。また、当接部36としては、導体または非導体のものを用いることができるが、非導体から形成するようにすれば、一般的に金属から形成されるロータ100と接触しても圧電素子30、31が短絡しないようにすることができる。

【0042】また、図示のように本実施形態では、当接部36は、平面的に視てロータ100側に突出した曲面形状となっている。このように、ロータ100と当接する当接部36を曲面形状にすることにより、ロータ100と振動板10の位置関係が、寸法ばらつき等によりばらついた場合であっても、曲面であるロータ100の外周面と曲面形状の当接部36との接触状態がさほど変化しないようにしている。これにより、ロータ100と当接部36の接触を安定した状態で維持させている。

【0043】振動板10の長手方向の中央部付近には、略し字状の支持部材11の一端部37が取り付けられている。支持部材11は一端部37から振動板10の長手方向にほぼ直交する方向からロータ100側に屈曲しており、この屈曲している支持部材11の他端部38は、軸部39により地板103（図1参照）に回転自在に支持されている。即ち、支持部材11は軸部39を中心として回転自由となっているため、バネ部材300によって振動板10をロータ100に対して所望の押圧力で押し当てることが可能となる。また、支持部材11は振動板10を構成する後述の補助板32と一体に形成されてもよい。

【0044】支持部材11における振動板10の長手方向と略平行に延在する部位11aには、バネ部材300の一端部300aが係合されている。バネ部材300はそのほぼ中央部分でピン300bによって地板103

（図1および図3参照）に回転自在に支持されている。また、他端部300cが地板103に係合しているが、この他端部300cの位置によって支持部材11に付与する押圧力を変動させることができる。具体的には、他端部300cをピン300bを中心として図中時計回りに変位させれば、バネ部材300の一端部300aが支持部材11の部位11aを上方側に押圧する力が増加し、他端部300cを反時計回りに変位させればその押圧力が減少するようになっている。ここで、支持部材11を上方側に押圧する力が増加すると、支持部材11は軸部39を中心として図中反時計回りに回転しようとする力が増大するため、当接部36がロータ100を押圧する力が増大する。一方、支持部材11を上方側に押圧する力が減少すると、支持部材11は反時計回りに回転しようとする力が減少するため、当接部36がロータ100を押圧する力が減少する。即ち、他端部300cの位置を調整することにより、当接部36がロータ100に付与する押圧力を調整することができ、これにより圧電アクチュエータAの駆動特性の調整等を可能とする。

【0045】図5に示すように、振動板10は、2つの長形状の圧電素子30、31の間に、これらの圧電素子30、31とほぼ同形状であり、かつ圧電素子30、31よりも肉厚の薄いステンレス鋼などの補強板32を配置した積層構造となっている。このように圧電素子30、31の間に補強板32を配置することにより、振動板10の過振幅や落下などによる外部からの衝撃力に起因する振動板10の損傷を低減し、耐久性を向上させている。また、補強板32としては、圧電素子30、31よりも肉厚の薄いものを用いることにより、圧電素子30、31の振動を極力妨げないようにしている。なお、上述した支持部材11を当該補強板32と一体形成すれば、製造工程を簡略化することができる。

【0046】図6に示すように、上下に配置された圧電素子30、31の面上には、この圧電素子30、31のほぼ全面を覆うように電極33がそれぞれ配置されている。そして、これらの電極33を介して圧電素子30、31に、駆動回路500から駆動信号が供給されるようになっている。ここで、圧電素子30、31としては、チタン酸ジルコニウム酸鉛（PZT（商標））、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等の各種のものを用いることができる。ここで、亜鉛ニオブ酸鉛の組成式は、 $[Pb(Zn_{1/3} - Nb_{2/3})O_3]_{1-x}(PbTiO_3)_x]$ 、（但し、Xは組成により異なり、X=0.09程度）となり、スカンジウムニオブ酸鉛の組成式は、 $[Pb((Sc_{1/2} - Nb_{1/2})_{1-x}Ti_x)O_3]$ 、（但し、Xは組成により異なり、X=0.09程度）となる。

【0047】圧電素子30、31の分極方向が逆の場合には、例えば図7に示すように、上面、中央、下面の電位が各々+V、0、+V（もしくは-V、0、-V）となるように駆動回路500から駆動信号を印加すれば、板状の圧電素子が伸び縮みするように変位することになり、本実施形態ではこのような伸縮による変位を利用している。なお、圧電素子30、31の分極方向を同一となるようにした場合、上面、中央、下面の電位が各々+V、0、-V（もしくは-V、0、+V）となるように電圧を印加すればよい。

【0048】また、振動板10には、その面上に、ある所定位置に検出用電極34A、34Bが形成されている（図20参照）。この場合、検出用電極34A、34Bは、圧電素子30の前面に電極を形成し、検出用電極34A、34Bの部分を電極33と絶縁させるようにして形成すればよい。この検出用電極34A、34Bは、振動板10に発生する振動を歪みとして検出するもので、当該検出用電極34A、34Bに対向する圧電素子と共に歪みゲージとしての機能を果たすものである。検出用電極34A、34Bからの検出信号の電圧値は、歪みの大きさに比例するものである。この検出用電極34A、



34Bの配置位置に関しては後述するものとする。

【0049】このように構成される振動板10は、駆動回路500から電極33, 33を介して圧電素子30, 31に交流の駆動信号が印加されると、圧電素子30, 31には、長手方向に伸縮する振動が発生する。その際、図8に示すように、圧電素子30, 31が長手方向に伸縮することにより、振動板10が長手方向に伸縮する縦振動を起こすようになっており、これにより振動板10は図4中矢印で示す方向に振動することになる。このように圧電素子30, 31への駆動信号の印加によって振動板10が電氣的に縦振動で励振すると、振動板10の重量バランスのアンバランスさによって振動板10の重心を中心とした回転モーメントが発生する。図9に示すように、この回転モーメントによって振動板10が幅方向(図4の上下方向)に揺動する屈曲振動が誘発されるようになっている。本実施形態では、より大きな屈曲振動を誘発させるために、振動板10の当接部36が設けられた側と反対側の端部16にバランス調整部18を設けることにより、より大きな回転モーメントを発生させるようにしている。

【0050】このように、振動板10に縦振動と屈曲振動とを生じさせ、両者が結合されることにより、振動板10の当接部36におけるロータ100との接触部分は、図10に示すように、楕円軌道に沿って移動することになる。そして、当接部36が楕円軌道を描くことにより、当接部36がロータ100側に膨らんだ位置にあるときに、当接部36がロータ100に対して押圧接触し、一方当接部36がロータ100側から待避した位置にあるときには、当接部36がロータ100から離間する(或いは、接触していても押圧力が小さくなる)。従って、圧電アクチュエータAは、両者の押圧力の大きい間、つまり当接部36がロータ100側にある時、当接部36の変位方向にロータ100を回動駆動させるのである。

【0051】ここで、バランス調整部18は、図11に示すように、縦振動の振動方向に延びる線を横線Wとして規定し、縦振動の節となる点を通り縦振動の振動方向に直交する方向に延び、振動板10のうち横線Wから見て当接部36の反対側に位置した部分を重量が等しい2つの部位a, bに分割する線を縦線Lとして規定し、縦線Lと横線Wとが交わる交点Oに対し、当接部36と点对称な位置で、かつ2つの部位a, bの重量に差異を持たせるものである。また、バランス調整部18は、当接部36と同形状或いは同じ重量にすればよい。

【0052】C2. 振動板のインピーダンス特性  
次に、振動板10のような機械的構造物が有するインピーダンス特性について説明する。振動板10等の機械的な構造物に対して力を一定にして、加振周波数を徐々に大きくしていくと、特定の周波数で構造物の振幅は最大値(即ち、インピーダンスが極小値)となり、その後極

小値(インピーダンスの極大値)となるといった応答を繰り返す。即ち、振幅が極大値をとる加振周波数は複数存在し、そのような各加振周波数を共振周波数という。そして、共振周波数は縦振動および屈曲振動の各々に存在し、振動板10のような矩形状の構造物では、図12に例示するようなインピーダンスと周波数の関係を有するのが一般的である。図示の例ではある所定次数(例えば一次)の縦振動のインピーダンスの極小値が $f \text{ kHz}$ であり、ある所定次数(例えば二次)の屈曲振動のインピーダンスの極小値が $F \text{ kHz}$ であり、両振動のインピーダンスの極小値は異なっている(ここで、 $\Delta f = F - f$ は $f \times 0.01$ 程度が望ましく、例えば $f = 196 \text{ kHz}$ の場合には、 $F = 196 \text{ kHz} \sim 200 \text{ kHz}$ の範囲内)。

【0053】各振動の共振周波数と印加される駆動信号の周波数との関係は、印加される駆動信号の電圧値が一定であるとき、各振動の振幅は各振動の共振周波数を最大として駆動信号の周波数が共振周波数から離れると、次第に小さくなる特性となる。また、振動板10の屈曲振動は、縦振動時の重力アンバランスで誘発されるため、縦振動の振幅の大きさ等により縦振動との位相差がずれる。即ち、駆動信号の周波数によって縦振動の位相と屈曲振動の位相の差が変化する特性を有している。必要な駆動を得るためには、各々の振動をどの程度の振幅で、かつどの程度の位相差で励振させるかを設定する必要があるが、これらは上述した如く、振動板10の特性から圧電素子30, 31に印加される駆動信号の周波数に依存される。本実施形態では、図12に示すように、一次の縦振動の共振周波数と二次の屈曲振動の共振周波数の間のある値 $f_s$ の周波数を駆動信号の周波数として採用し、当該周波数の駆動信号を圧電素子30, 31に供給するといった駆動を行う。

#### 【0054】C3. 検出用電極

次に、検出用電極について、図13ないし図15に基づいて説明する。図13は、振動板10の面上の四隅近傍に配置された検出用電極P1, P2, P3, P4を示したものである。図14および図15は、この検出用電極P1~P4のうち、検出用電極P1, P4からの検出された検出信号の電圧値を無負荷状態、駆動状態に分けて実験した結果である。図14は無負荷(フリー)状態で、振動板10の圧電素子30, 31に供給される駆動信号の周波数を変化させたときに得られた検出用電極P1, P4から検出される検出信号の電圧値およびインピーダンスを示した図である。図15は駆動状態で、振動板10の圧電素子30, 31に供給される駆動信号の周波数を変化させたときに得られた検出用電極P1, P4から検出される検出信号の電圧値、差電圧値を示した差信号およびロータ100の回転数を示した図である。図14および図15において、特性線aは検出用電極P1から検出される検出信号、特性線bは検出用電極P2か

ら検出される検出信号、特性線cはインピーダンス、特性線dはロータ回転数、特性線eは差信号をそれぞれ示している。

【0055】次に、図14および図15から検知されたことに付いて述べる。前提として、駆動条件下（押圧力、駆動トルク等）を、無負荷状態、駆動状態に拘わらず、振動板10はほぼ同じ振動（縦振動、屈曲振動）を行なうものとする。

①ロータ100を駆動していない（フリー状態）とき、検出用電極P1、P4から得られる検出信号の電圧値（特性線a、b）は、縦振動の共振点付近の検出信号が最大となる。

②ロータ駆動時（定電圧値の駆動信号入力）の検出信号の電圧値（特性線a、b）とロータ回転数（特性線d）から、検出用電極P1とP4からの検出信号はロータ駆動時異なっている。これは、検出用電圧P1は、ロータ駆動時の振動板10がロータ100から受ける反作用により歪むため、振動そのものによる歪みとロータ100からの反作用による歪みとの両方の作用により、検出用電極P1の位置にある圧電素子による圧電効果で電圧が発生していると考えられる。

③検出用電極P1の検出信号の電圧値の最大とロータ100の回転数（特性線d）の最大とはほぼ一致する。

④検出用電極P1の電圧値から検出用電極P2の電圧値を引いた電圧値（特性線e）の最大はロータ回転数（特性線d）の最大とはほぼ一致する。この④から、検出用電極P1の電圧値から検出用電極P4の電圧値を引くことにより縦振動による発生電圧成分が相殺されると考えられる。このため、差信号は、ロータ駆動時のおおよその歪みを検出していると見なされる。これは、振動板10からロータ100への力の受け渡しが、どのように行われていたかを示すものであり、ロータの駆動力や回転数と密接な関係がある。

【0056】検出用電極の配置位置

①2つの電極を用いて検出を行う場合

ロータ100を駆動していないとき同じ振動をしており、かつロータ駆動時に1つの電極のみがロータ100からの反作用力を受け易い位置に設ければよい。つまり、検出用電極P2とP3であってもよい。

②1つの電極を用いて検出する場合

1) ロータ100からの反作用力による歪みで検出した電圧値≧振動板本来の振動（実施形態では1次の縦振動と2次の屈曲振動）による歪みを検出することにより発生した電圧値となる位置に設ける（図21の検出用電極34C、図23の検出用電極34E）。

2) 検出用電極内で振動板本来の振動による歪みで発生する電圧値を相殺し、ロータ100からの反作用による歪みで発生した検出信号のみを検出できるような位置に電極を設ける（図22の検出用電極34D）。

3) 振動の節でありかつロータ100からの反作用によ

る歪みで発生した検出信号を検出できる位置に電極を設ける。

【0057】D. 駆動回路の構成

駆動回路500は、2つの検出信号を使う回路と、1つの検出信号を使う回路とに分けられる。

D1. 2つの検出信号を使う駆動回路

この駆動回路には、図16に示すように、振動板10の面上には、当接部36近傍に配置された検出用電極34Aと、バランス部18近傍に配置された検出用電極34Bとを備えた振動板10が用いられる。この検出用電極34Aおよび34Bは、前述した検出用電極P1およびP4（図12）に対応している。

【0058】D1-1. 駆動回路500Aの構成

次に、図17に基づいて駆動回路500Aについて説明する。この駆動回路500Aは、減算回路501と、遅延回路502と、比較回路503と、電圧調整回路504と、電圧制御発振回路（Voltage Controlled Oscillator: VCO）505と、ドライバ回路506とを具備して構成されている。検出用電極34Aからは検出信号Vaが検出され、検出用電極34Bからは検出信号Vbが検出される。減算回路501は、検出用電極34Aで検出される検出信号Vaと、検出用電極34Bで検出される検出信号Vbとの差を演算する回路で、差信号Vcを遅延回路502および比較回路503に出力する。この際、差信号Vcの電圧値は、 $V_c = |V_a - V_b|$ となる。また、この減算回路501はブリッジ回路によって構成してしてもよい。遅延回路502は、差信号Vcを所定時間tpだけ遅延して遅延信号Vdとして比較回路503に出力する。

【0059】比較回路503は、差信号Vcの電圧値と遅延信号Vdの電圧値とを比較するもので、差信号Vc ≧ 遅延信号Vdの場合には、“H”となる比較結果信号Veを電圧調整回路504に出力し、差信号Vc < 遅延信号Vdの場合には、“L”となる比較結果信号Veを電圧調整回路504に出力する。電圧調整回路504は、比較結果信号Veを受けてVCO505に出力される調整信号Vfの電圧値を所定電圧値Vf0単位で変化させるものである。即ち、電圧調整回路504は、“H”の比較結果信号Veを受けた場合、調整信号Vfの電圧値を所定電圧値Vf0だけ上昇させ、“L”の比較結果信号Veを受けた場合、調整信号Vfの電圧値を所定電圧値Vf0だけ下降させる。また、電圧調整回路504は初期値Vf1を記憶しており、起動時にはこの初期値Vf1を電圧値とする調整信号VfをVCO505に出力する。

【0060】VCO（電圧制御発振回路）505は、調整信号Vfを受けて、ドライバ回路506に出力される基準信号Vgの周波数を調整するものである。即ち、VCO505は、調整信号Vfの電圧値が前回の調整信号Vfの電圧値よりも高くなった場合、基準信号Vgの周波数を所定値f0だけ上げ、調整信号Vfの電圧値が前

回の調整信号Vfの電圧値よりも低くなった場合、基準信号Vgの周波数を所定値f0だけ下げないように調整される。また、VCO505は、起動時に、初期値Vfiの調整信号Vfを受けた場合に、ある周波数の基準信号Vgを出力する。この周波数は、例えば周波数fst<sub>a</sub>(約284.0kHz)とする。ドライバ回路506は、基準信号Vgを受けて、この基準信号Vgの周波数で一定の電圧値となる駆動信号Vhを振動板10の電極33に向けて出力する。そして、この駆動信号Vhは振動板10の圧電素子30, 31に供給される。

【0061】D1-2. 駆動回路500Aの動作

次に、駆動回路500Aの動作を、図18のフローチャートに基づいて説明する。まず、この駆動回路500Aは、電源(図示せず)を供給することによって起動されるものである。電源が投入されることにより、電圧調整回路504は予め設定された初期値Vfiの調整信号VfをVCO505に対して出力する(ステップSa1)。VCO505は、調整信号Vfを受けて、初期値Vfiに対応した周波数fsの基準信号Vgをドライバ回路506に出力する(ステップSa2)。ドライバ回路506は、周波数fsの基準信号Vgを受けて、周波数fst<sub>a</sub>の駆動信号Vhを振動板10の電極33, 33に出力する(ステップSa3)。そして、振動板10の圧電素子30, 31は、電極33を介して供給された駆動信号Vhを受けて、前述した如く、縦振動および屈曲振動を発生する(ステップSa4)。

【0062】次に、減算回路501は、検出用電極34A, 34Bから検出信号Va, Vbを読み込み(ステップSa5)、下記の(1)式によって差信号Vcを算出し、遅延回路502および比較回路503に出力する(ステップSa6)。

$$Vc = |Va - Vb| \quad \dots (1)$$

遅延回路502は、差信号Vcを受け、所定時間(tp秒)だけ遅延した遅延信号Vdを比較回路503に出力する(ステップSa7)。比較回路503は、差信号Vcの電圧値と遅延信号Vdの電圧値とを比較する(ステップSa8)。ステップSa8の比較において、差信号Vcの電圧値が遅延信号Vdの電圧値以上の場合、即ち、

$$Vc \geq Vd \quad \dots (2)$$

である場合には(ステップSa8; YES)、比較回路503は、“H”レベルの比較結果信号Veを電圧調整回路504に出力する(ステップSa9)。一方、ステップSa8の比較において、差信号Vcの電圧値が遅延信号Vdの電圧値よりも小さい場合、即ち、

$$Vc < Vd \quad \dots (3)$$

である場合には(ステップSa8; NO)、比較回路503は、“L”レベルの比較結果信号Veを電圧調整回路504に出力する(ステップSa10)。

【0063】これにより、電圧調整回路504は、比較

結果信号Veを受けて、この比較結果信号Veが“H”レベルの場合には、先の基準信号Vfの電圧値に所定電圧値Vf0を加えた電圧値を有する基準信号Vfを生成し、VCO505に出力する。一方、比較結果信号Veが“L”レベルの場合には、先の基準信号Vfの電圧値から所定電圧値Vf0を引いた電圧値を有する基準信号Vfを生成し、VCO505に出力する(ステップSa11)。電圧調整回路504が再び調整信号VfをVCO505に対して出力し、VCO505が調整信号Vfを受けて周波数が変更された基準信号Vgをドライバ回路506に出力し(ステップSa2)、ドライバ回路506が周波数の基準信号Vgを受けて、変更された周波数fの駆動信号Vhを振動板10の電極33, 33に出力する(ステップSa3)。これにより、駆動信号Vhの周波数は、検出される振動板10の歪みに応じて順次変更されることとなる。

【0064】次に、図19および図20に、駆動信号Vhの周波数fが一定になるまでの動作状況について説明する。図19は差信号Vc、ロータの回転数Nの周波数特性、図20は動作のタイミングチャートを示している。ここでは、起動時の駆動信号Vhの周波数をfst<sub>a</sub>、回転数が最大となったときの駆動信号Vhの周波数をfsとする。図19から明らかなように、差信号Vcの電圧値と回転数Nとはほぼ同じ曲線を描くことになり、差信号Vcの最大値と回転数Nの最大値とはほぼ同じ周波数fs付近の発生していることが分かる。そして、駆動回路500Aを起動させた場合には、図20に示す如く、振動板10に歪みが発生し、また遅延信号Vdの初期値を差信号Vcの最小値(例えば、歪みが無いときの差信号)よりも低く設定しておくことにより、差信号Vc ≥ 遅延信号Vdとなるので、VCO505から出力される基準信号Vgの周波数fは上昇する。その後も差信号Vc ≥ 遅延信号の関係を維持し続けるため、基準信号Vgの周波数fは徐々に上がっていく。そして、駆動信号Vhの周波数fがfsを越えた場合、即ち、差信号Vc < 遅延信号Vdとなった場合には、VCO505から出力される基準信号Vgの周波数fを下げる。これにより、駆動信号Vhの周波数をほぼ一定の周波数fsに近づけることができる。

【0065】D2. 1つの検出信号を使う駆動回路  
この駆動回路には、図21に示すように、振動板10の面上には、当接部36近傍に配置された検出用電極34Cを備えた振動板10が用いられる。この検出用電極34Cは、図12の検出用電極P1に対応したもので、検出信号Vaが出力される。この検出用電極34Cは振動板10がロータ100と接触したときの歪みを検出するものであるから、図22のように振動板10に設けられた検出用電極34D、図23のように設けられた検出用電極34Eであってもよく、要は、支持部材11から当接部36までの間に負荷によって生じる歪みを検出する

ものであればよい。

#### 【0066】D2-1. 駆動回路500Bの構成

次に、図24に基づいて駆動回路500Bについて説明する。この駆動回路500Bは、ピークホールド回路507と、遅延回路502と、比較回路503と、電圧調整回路504と、電圧制御発振回路（Voltage Controlled Oscillator：VCO）505と、ドライバ回路506とを具備して構成されている。ここで、ピークホールド回路507以外は、前述した駆動回路500Aの構成と同様であるので、その説明を省略するものとする。ピークホールド回路507は、検出用電極34Cで検出された検出信号Vaの電圧値のピーク値をホールドしたピーク信号Vpを遅延回路502および比較回路503に出力するものである。また、遅延回路502は、このピーク信号Vpを所定時間tpだけ遅延して遅延信号Vqとして比較回路503に出力する。

#### 【0067】D2-2. 駆動回路500Bの動作

次に、駆動回路500Bの動作を、図25のフローチャートに基づいて説明する。まず、この駆動回路500Bは、電源（図示せず）を投入することによって起動されるものである。電源が供給されることにより、電圧調整回路504は予め設定された初期値Vfiの調整信号VfをVCO505に対して出力する（ステップSb1）。VCO505は、調整信号Vfを受けて、初期値Vfiに対応した周波数fsの基準信号Vgをドライバ回路506に出力する（ステップSb2）。ドライバ回路506は、周波数fsの基準信号Vgを受けて、周波数fstの駆動信号Vhを振動板10の電極33、33に出力する（ステップSb3）。そして、振動板10の圧電素子30、31は、電極33を介して供給された駆動信号Vhを受けて、前述した如く、縦振動および屈曲振動を発生する（ステップSb4）。

【0068】次に、ピークホールド回路507は、検出用電極34Cから検出信号Vaを読み込み（ステップSb5）、この検出信号Vaの電圧値のピーク値をピーク信号Vpとして出力する（ステップSb6）。遅延回路502は、ピーク信号Vpを受け、所定時間（tp秒）だけ遅延した遅延信号Vqを比較回路503に出力する（ステップSb7）。比較回路503は、ピーク信号Vpの電圧値と遅延信号Vqの電圧値とを比較する（ステップSb8）。ステップSb8の比較において、ピーク信号Vpの電圧値が遅延信号Vqの電圧値以上の場合、即ち、

$$V_p \geq V_q \quad \dots (4)$$

である場合には（ステップSb8；YES）、比較回路503は、“H”レベルの比較結果信号Veを電圧調整回路504に出力する（ステップSb9）。一方、ステップSb8の比較において、ピーク信号Vpの電圧値が遅延信号Vqの電圧値よりも小さい場合、即ち、

$$V_p < V_q \quad \dots (5)$$

である場合には（ステップSb8；NO）、比較回路503は、“L”レベルの比較結果信号Veを電圧調整回路504に出力する（ステップSb10）。

【0069】これにより、電圧調整回路504は、比較結果信号Veを受けて、この比較結果信号Veが“H”レベルの場合には、先の基準信号Vfの電圧値に所定電圧値Vf0を加えた電圧値を有する基準信号Vfを生成し、VCO505に出力する。一方、比較結果信号Veが“L”レベルの場合には、先の基準信号Vfの電圧値から所定電圧値Vf0を引いた電圧値を有する基準信号Vfを生成し、VCO505に出力する（ステップSb11）。電圧調整回路504が再び調整信号VfをVCO505に対して出力し、VCO505が調整信号Vfを受けて、電圧値に対応させた周波数を変更された基準信号Vgをドライバ回路506に出力し（ステップSb2）、ドライバ回路506が周波数の基準信号Vgを受けて、周波数fが変更された駆動信号Vhを振動板10の電極33、33に出力する（ステップSa3）。これにより、駆動信号Vhの周波数は、検出される振動板10の歪みに応じて順次変更されることとなる。

#### 【0070】D3. 1つの検出信号を使う他の駆動回路D3-1. 駆動回路500Cの構成

次に、図26に基づいて駆動回路500Cについて説明する。この駆動回路500Cは、位相差—電圧変換回路508と、定電圧回路509と、比較回路503と、電圧調整回路504と、電圧制御発振回路（Voltage Controlled Oscillator：VCO）505と、ドライバ回路506とを具備して構成されている。ここで、位相差—電圧変換回路508および定電圧回路509以外は、前述した駆動回路500Aの構成と同様であるので、その説明を省略するものとする。位相差—電圧変換回路508は、検出用電極53Cから検出された検出信号Vaの位相と、駆動信号Vhの位相との位相差を検出し、平均位相差に相当する電圧値を有する位相差電圧信号Vjを比較回路503に出力する。ここで、図27に基づいて、位相差—電圧変換回路508の概要構成について説明する。位相差—電圧変換回路508は、位相差検出部508Aおよび平均電圧変換部508Bとに大別される。位相差検出部508Aは、検出信号Vaおよび駆動信号Vhが入力され、両信号の位相差に相当するパルス幅を有する位相差信号Vpdを生成し、平均電圧変換部508Bに出力する。図28に検出信号Vaおよび駆動信号Vhの位相差が小さい場合（位相差=Δφ1の場合）の例を示す。検出信号Vaおよび駆動信号Vhの波形がそれぞれ図28（a）に示すような場合、検出される位相差に相当する位相差信号Vpdのパルス幅は、図28

（b）に示すようにΔφ1となる。そこで、平均電圧変換部508Bは、図示しない積分回路により位相差信号Vpdのパルス幅Δφ1に相当する平均電圧値Vavlを有する位相差電圧信号Vjを生成し、比較回路503に出

力する。

【0071】また、図29に検出信号V<sub>a</sub>および駆動信号V<sub>h</sub>の位相差が大きい場合（位相差＝ $\Delta\phi/2$ の場合）の例を示す。検出信号V<sub>a</sub>および駆動信号V<sub>h</sub>の波形がそれぞれ図29（a）に示すような場合、検出される位相差に相当する位相差信号V<sub>pd</sub>のパルス幅は、図29

（b）に示すように $\Delta\phi/2$ となる。そこで、平均電圧変換部508Bは、図示しない積分回路により位相差信号V<sub>pd</sub>のパルス幅 $\Delta\phi/2$ に相当する平均電圧値V<sub>av2</sub>を有する位相差電圧信号V<sub>j</sub>を生成し、比較回路503に出力する。

【0072】また、定電圧回路509は、予め求めた検出信号V<sub>a</sub>の位相と、駆動信号V<sub>h</sub>の位相との最適な位相差に相当する電圧値を有する基準位相差信号V<sub>k</sub>を比較回路503に出力するものである。

【0073】D3-2. 駆動回路500Cの動作

次に、駆動回路500Cの動作を、図30のフローチャートに基づいて説明する。まず、この駆動回路500Cは、電源（図示せず）を投入することによって起動されるものである。電源が供給されることにより、電圧調整回路504は予め設定された初期値V<sub>fi</sub>の調整信号V<sub>f</sub>をVCO505に対して出力する（ステップSc1）。VCO505は、調整信号V<sub>f</sub>を受けて、初期値V<sub>fi</sub>に対応した周波数f<sub>s</sub>の基準信号V<sub>g</sub>をドライバ回路506に出力する（ステップSc2）。ドライバ回路506は、周波数f<sub>s</sub>の基準信号V<sub>g</sub>を受けて、周波数f<sub>sta</sub>の駆動信号V<sub>h</sub>を振動板10の電極33、33に出力する（ステップSc3）。そして、振動板10の圧電素子30、31は、電極33を介して供給された駆動信号V<sub>h</sub>を受けて、前述した如く、縦振動および屈曲振動を発生する（ステップSc4）。

【0074】次に、位相差—電圧変換回路508は、検出用電極34Cから検出信号V<sub>a</sub>および駆動信号V<sub>h</sub>を読み込み（ステップSc5）、この検出信号V<sub>a</sub>の位相と駆動信号V<sub>h</sub>の位相の位相差から、前述した如く of 処理によって、位相差電圧信号V<sub>j</sub>を生成し、比較回路に出力する（ステップSc6）。比較回路503は、位相差電圧信号V<sub>j</sub>の電圧値と定電圧回路509から出力される基準位相差信号V<sub>k</sub>の電圧値とを比較する（ステップSc7）。ステップSc8の比較において、位相差電圧信号V<sub>j</sub>の電圧値が基準位相差信号V<sub>k</sub>の電圧値以上の場合、即ち、

$$V_j \geq V_k \quad \dots (6)$$

である場合には（ステップSc8；YES）、比較回路503は、“H”レベルの比較結果信号V<sub>e</sub>を電圧調整回路504に出力する（ステップSc8）。一方、ステップSc8の比較において、位相差電圧信号V<sub>j</sub>の電圧値が基準位相差信号V<sub>k</sub>の電圧値よりも小さい場合、即ち、

$$V_j < V_k \quad \dots (7)$$

である場合には（ステップSc8；NO）、比較回路503は、“L”レベルの比較結果信号V<sub>e</sub>を電圧調整回路504に出力する（ステップSc9）。

【0075】これにより、電圧調整回路504は、比較結果信号V<sub>e</sub>を受けて、この比較結果信号V<sub>e</sub>が“H”レベルの場合には、先の基準信号V<sub>f</sub>の電圧値に所定電圧値V<sub>f0</sub>を加えた電圧値を有する基準信号V<sub>f</sub>を生成し、VCO505に出力する。一方、比較結果信号V<sub>e</sub>が“L”レベルの場合には、先の基準信号V<sub>f</sub>の電圧値から所定電圧値V<sub>f0</sub>を引いた電圧値を有する基準信号V<sub>f</sub>を生成し、VCO505に出力する（ステップSc10）。電圧調整回路504が再び調整信号V<sub>f</sub>をVCO505に対して出力し、VCO505が調整信号V<sub>f</sub>を受けて、電圧値に対応させた周波数fが変更された基準信号V<sub>g</sub>をドライバ回路506に出力し（ステップSc2）、ドライバ回路506が周波数の基準信号V<sub>g</sub>を受けて、周波数fが変更された駆動信号V<sub>h</sub>を振動板10の電極33、33に出力する（ステップSc3）。これにより、駆動信号V<sub>h</sub>の周波数は、検出される振動板10の歪みに応じて順次変更されることとなる。

【0076】E. カレンダー表示機構の動作

次に、圧電アクチュエータAを駆動する駆動回路500の駆動構成について、図31を参照しつつ説明する。なお、駆動回路500は、前述した駆動回路500A、500B、500Cのうち、何れであってもよい。同図に示すように、駆動回路500には、午前0時検出手段601および日送り検出手段602が設けられている。午前0時検出手段601は、ムーブメント73（図2参照）に組み込まれた機械的なスイッチであり、午前0時になると、制御信号を駆動回路500に出力する。また、日送り検出手段602は、上述した板バネ64と接触子65（図1参照）を主要部とするものであり、板バネ64と接触子65が接触する、即ち日送り終了を検出すると制御信号を駆動回路500に出力する。

【0077】駆動回路500は、午前0時検出手段601から供給される制御信号と日送り検出手段602から供給される制御信号とに基づいて、駆動が開始される。これによって、前述した如く、駆動回路500が動作を開始し、振動板10を振動させることによって、ロータ100を回転させる。日回し中間車40は1日に1回転するが、その期間は午前0時から開始する限られた時間である。従って、駆動回路500は当該期間のみ発振していれば足りる。この例の駆動回路500にあっては、駆動制御信号により駆動回路500の構成回路全てを非動作状態に設定することにより、日回し中間車40を回転させる必要のない期間は、駆動回路500の動作を完全に停止させている。従って、駆動回路500の消費電力を削減することができる。

【0078】次に、上記構成の圧電アクチュエータAを備えたカレンダー表示機構の自動更新動作について図1、

図3、図4および図31を参照しつつ説明する。各日において午前0時になると、午前0時検出手段601によって午前0時になったことが検出され、駆動回路500が起動される。これにより、駆動回路500から縦振動の共振周波数にほぼ一致するロータ回転数が最大となる周波数の駆動信号Vhが振動板10の圧電素子30、31に電極33、33を介して供給される。

【0079】駆動回路500からの駆動信号Vhが電極33、33に印加されると、圧電素子30、31が伸縮によって撓み振動し、振動板10が縦振動する。この際、上述したように圧電素子30、31の分極方向を同一となるようにした場合には、上面、中央、下面の電位が各々+V、0、-V（もしくは-V、0、+V）となるように電圧を印加する。また、圧電素子30、31の分極方向が逆の場合には、上面、中央、下面の電位が各々+V、0、+V（もしくは-V、0、-V）となるように電圧を印加する（図7参照）。そして、振動板10が縦方向に電氣的に励振されると、振動板10の重量バランスのアンバランスさによって機械的に屈曲振動が誘発される。そして、縦振動と屈曲振動が合成されることにより、当接部36が楕円軌道に沿って変位し、ロータ100を駆動する。

【0080】このように駆動回路500によって圧電アクチュエータAが駆動されることにより、ロータ100が図4中時計回り方向に回転し、これに伴って日回し中間車40が反時計回り方向に回転を開始する。

【0081】ここで、駆動回路500は、図1に示す板バネ64と接触子65が接触した時に駆動信号の供給を停止するように構成されている。板バネ64と接触子65とが接触する状態では先端部64aが切欠部4cに入り込んでいる。従って、日回し中間車40は、そのような状態から回転を開始する。

【0082】日回し車60は板バネ63によって時計回り方向に付勢されているため、小径部4aは日回し車60の歯6a、6bに摺動しつつ回転することになる。その途中で切欠部4cが日回し車60の歯6aの位置に達すると、歯6aが切欠部4cと噛合する。

【0083】次に、日回し中間車40が引き続き反時計回り方向に回転すると、日回し車60は日回し中間車40に連動して1歯分、即ち「1/5」周だけ時計回り方向に回転する。さらに、これに連動して、日車50が時計回り方向に1歯分（1日分の日付範囲に相当する）だけ回転される。なお、月内の日数が「31」に満たない月の最終日においては、上記動作が複数回繰返され、暦に基づく正しい日が日車50によって表示されることになる。

【0084】そして、日回し中間車40が引き続き反時計回り方向に回転して、切欠部4cが板バネ64の先端部64aの位置に達すると、先端部64aが切欠部4cに入り込む。すると、板バネ64と接触子65とが接触

して、駆動信号の供給が終了し、日回し中間車40の回転が停止する。従って、日回し中間車40は、1日に1回転することになる。

【0085】F. 本実施形態の効果

以上説明したように、本実施形態では、腕時計といった限られたスペースに設置可能な薄型の圧電アクチュエータAを用いて高効率でカレンダー表示機構を駆動することができる。また、圧電アクチュエータAを駆動する駆動回路500は、振動板10の歪みを検出してこの歪みから振動板10の振動状態を検出し、常に同じ振動状態を保つように駆動信号Vhの周波数を制御するようにしたから、振動板の振動に伴って回転するロータ100を常に最適な回転数で駆動することが可能となる。これにより、振動板10に供給される駆動信号Vhの電気エネルギーを、ロータ100の機械エネルギー（回転）へ変換する変換効率を高めることができ、効率の良い圧電アクチュエータAを実現することが可能となる。この結果、圧電アクチュエータAは、安定した駆動制御を行うことができる。

【0086】F. 変形例

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、以下に例示するような種々の変形が可能である。

【0087】（変形例1）上述した実施形態においては、圧電アクチュエータAおよび駆動回路500を腕時計に搭載されるカレンダー表示機構の駆動源として採用した場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の種類の機器、例えば玩具などのアミューズメント機器の駆動機構や小型送風機の駆動機構に適用することが可能である。また、上述したように圧電アクチュエータAは、薄型化、小型化が可能であり、かつ高効率での駆動が可能であるため、電池駆動される携帯機器等に搭載するアクチュエータとして好適である。

【0088】その具体例としては、圧電アクチュエータAおよび駆動回路500を、決済機能を有する非接触型ICカードに採用することが考えられる。図32に非接触型ICカードの外観斜視図を示す。非接触型ICカード400の表面側には、残金表示を行う残金表示カウンタ401が設けられている。残金表示カウンタは401は、4桁の残金を表示するものであり、図33に示すように、上位2桁を表示する上位桁表示部402と、下位2桁を表示する下位桁表示部403と、を備えている。

【0089】図34に上位桁表示部402の詳細構成側面図を示す。上位桁表示部402は、ロータ100Aを介して圧電アクチュエータA1に連結されており、ロータ100Aの駆動力によって駆動される。上位桁表示部402の主要部は、送り爪402Aを有しロータ100Aが1/n回転すると1回転する駆動ギア402Aと、駆動ギア402Aの1回転で1目盛分回転する第1上位桁表示車402Bと、第1上位桁表示車402Bの1回

転で 1 目盛分回転する第 2 上位桁表示車 402C と、第 1 上位桁表示車 402B の非回転時に第 1 上位桁表示車 402B を固定する固定部材 402D と、を備えて構成されている。なお、第 2 上位桁表示車 402B についても、第 2 上位桁表示車 402C を固定する図示しない固定部材が設けられている。

【0090】駆動ギア 402A は、ロータ 100A が 1/n 回転すると 1 回転する。そして送り爪 402A は、第 1 上位桁表示車 402B の送りギア部 402B3 に噛合しており、第 1 上位桁表示車 402B は 1 目盛分回転することとなる。さらに、第 1 上位桁表示車 402B が回転し、1 回転すると、第 1 上位桁表示車 402B に設けられている送りピン 402B が送りギア 402B2 を回転させ、送りギア 402B が噛合している第 2 上位桁表示車 402C の送りギア 402C を回転させ、第 2 上位桁表示車 402C を 1 目盛分回転させることとなる。下位桁表示部 403 は、ロータ 100B を介して圧電アクチュエータ A2 に連結されており、ロータ 100B の駆動力によって駆動される。下位桁表示部 403 の主要部は、送り爪 403A1 を有しロータ 100B が 1/n 回転すると 1 回転する駆動ギア 403A と、駆動ギア 403A の 1 回転で 1 目盛分回転する第 1 下位桁表示車 403B と、第 1 下位桁表示車 403B の 1 回転で 1 目盛分回転する第 2 下位桁表示車 403C と、を備えている。

【0091】図 35 に下位桁表示部 403 の詳細構成正面図を、図 36 に詳細構成側面図をそれぞれ示す。第 1 下位桁表示車 403B は、駆動ギア 403A の送り爪 403A1 に噛合する送りギア部 403B1 を有しており、駆動ギア 403A の 1 回転で 1 目盛分回転する。そして、第 1 下位桁表示車 403B には、送りピン 403B2 が設けられており、第 1 下位桁表示車 403B が 1 回転回転する毎に、送りギア 403B を回転させ、第 2 下位桁表示車 403C を 1 目盛分回転させる。この場合において、第 1 下位桁表示車 403B の固定部材 403D は、非回転時に送りギア部 403B1 に噛合して第 1 下位桁表示車 403B を固定する。また、第 2 下位桁表示車 403C の固定部材 403E は、第 2 下位桁表示車 403C の非回転時に送りギア部 403F に噛合して第 2 下位桁表示車 403C を固定する。この場合において、アクチュエータ A1 およびアクチュエータ A2 は、駆動回路 200B により同期して駆動されるように設定されており、駆動回路 200B は、図示しない IC カードチップにより決済金額に相当する駆動制御信号が入力されることにより駆動されている。

【0092】以上のような構成により、非接触 IC カードのような薄型の装置においても、機械的に残金額表示を行うことができ、駆動時以外は、電源を必要とせず、表示を行えるので、低商品電力で表示を行えると共に、電源がなくなった場合においても、それまでの表

示を保持することができる。

【0093】(変形例 2) 上記圧電アクチュエータの電源としては、電池 (一次電池および二次電池) の他、太陽電池、熱発電機、機械式発電機および蓄電装置 (コンデンサ或いは二次電池) を有する発電機構内蔵型の電源を用いるように構成することも可能である。

【0094】(変形例 3) また、上述した実施形態では、振動板 10 が振動することにより、当接部 36 に当接しているロータ 100 を回転駆動する場合を例示したが、本発明はこれに限らず、駆動対象を直線状に駆動するリニアアクチュエータに適用することも可能である。

【0095】(変形例 4) また、上述した実施形態では、矩形の振動板 10 を用いるようにしていたが、振動板 10 の形状は矩形に限るものではなく、長手方向を有する形状であればよく、例えば台形状、平行四辺形状、ひし形状、三角形等の様々な形状のものを用いることができる。

【0096】(変形例 5) また、上述した実施形態では、歪検出部を検出用電極とこの電極が位置する圧電素子の部分とで構成するものとしたが、本発明はこれに限らず、板状の圧電素子を振動板に貼着して圧電センサとして用いてもよい。

【0097】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、振動板の歪みを検出し、この歪みから振動板を常に最大で振動するようになるように駆動信号の周波数を制御するようにしたから、常に駆動対象を最適な動作で駆動することが可能となる。さらに、小型・薄型化が可能な構成でありながら、高効率かつ安定した駆動を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態に係る腕時計におけるカレンダー表示機構の主要部の構成を示す平面図である。

【図 2】 前記腕時計の概略構成を示す断面図である。

【図 3】 前記カレンダー表示機構の主要部を示す断面図である。

【図 4】 前記カレンダー表示機構の構成要素である圧電アクチュエータの構成を示す平面図である。

【図 5】 前記圧電アクチュエータの構成要素である振動板を示す断面図である。

【図 6】 前記振動板の圧電素子の面上に形成される電極部を示した図である。

【図 7】 前記振動板の圧電素子に電圧を印加する際の概略の駆動構成を示す図である。

【図 8】 前記振動板が縦振動する様子を模式的に示す図である。

【図 9】 前記振動板が屈曲振動する様子を模式的に示す図である。

【図 10】 前記振動板の振動時における当接部の軌道を説明するための図である。

【図11】 アンバランス調整部の配置位置を示す図である。

【図12】 前記振動板の振動周波数とインピーダンスとの関係の一例を示すグラフである。

【図13】 前記振動板の4隅に設けられた検出用電極の配置位置を示す平面図である。

【図14】 無負荷状態で振動板を駆動させたときに得られる検出信号の電圧値およびインピーダンスを示す特性図である。

【図15】 駆動状態で振動板を駆動させたときに得られる検出信号の電圧値、インピーダンスおよびロータ回転数を示す特性図である。

【図16】 前記振動板に設けた検出用電極の配置位置を示す平面図である。

【図17】 本実施形態に用いられる駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図18】 同駆動回路の動作を示すフローチャートである。

【図19】 差信号Vc、ロータの回転数Nの周波数特性を示す特性図である。

【図20】 差信号Vc、遅延信号Vd、駆動信号Vhの周波数を示すタイミングチャートである。

【図21】 前記振動板に設けた他の検出用電極の配置位置を示す平面図である。

【図22】 前記振動板に設けた他の検出用電極の配置位置を示す平面図である。

【図23】 前記振動板に設けた他の検出用電極の配置位置を示す平面図である。

【図24】 本実施形態に用いられる他の駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図25】 同駆動回路の動作を示すフローチャートである。

【図26】 本実施形態に用いられる他の駆動回路の構成を示すブロック図である。

【図27】 位相差一電圧変換回路の構成を示すブロッ

ク図である。

【図28】 位相差一電圧変換回路における位相差が小さい場合の波形を示す図である。

【図29】 位相差一電圧変換回路における位相差が大きい場合の波形を示す図である。

【図30】 同駆動回路の動作を示すフローチャートである。

【図31】 圧電アクチュエータおよび駆動回路をカレンダー表示機構に用いた場合のブロック図である。

【図32】 残金表示カウンタの構成の説明図である。

【図33】 上位桁表示部の詳細構成正面図である。

【図34】 上位桁表示部の詳細構成側面図である。

【図35】 下位桁表示部の詳細構成正面図である。

【図36】 下位桁表示部の詳細構成側面図である。

【符号の説明】

10・・・振動板

11・・・支持部材

30, 31・・・圧電素子

33・・・電極

34A, 34B, 34C, 34D, 34E・・・検出用電極

36・・・当接部

100・・・ロータ

500, 500A, 500B, 500C・・・駆動回路

501・・・減算回路

502・・・遅延回路

503・・・比較回路

504・・・電圧調整回路

505・・・電圧制御発振回路(VCO)

506・・・ドライバ回路

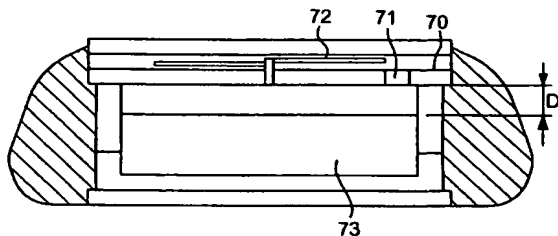
507・・・ピークホールド回路

508・・・位相差一電圧変換回路

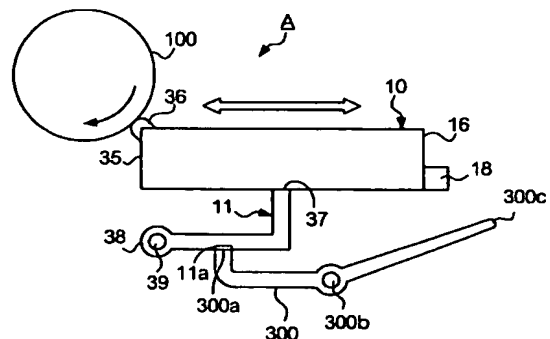
509・・・定電圧回路

A・・・圧電アクチュエータ

【図2】



【図4】





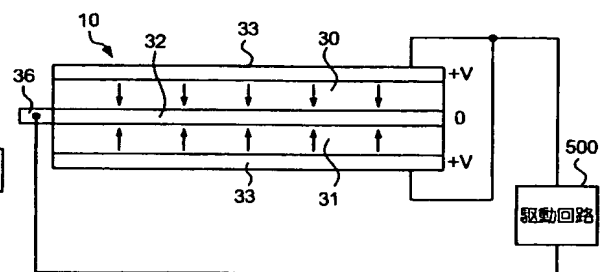
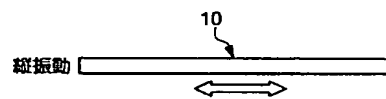
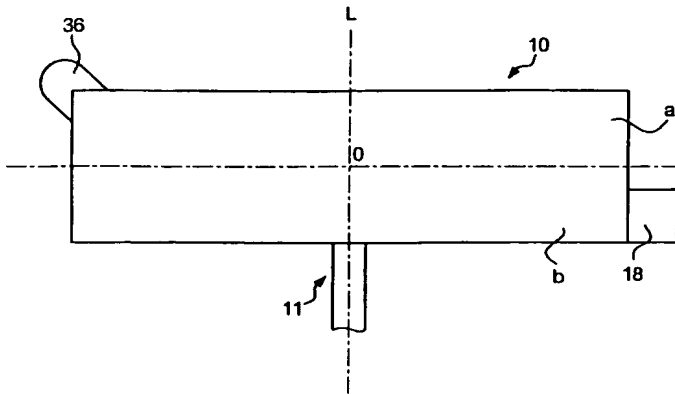
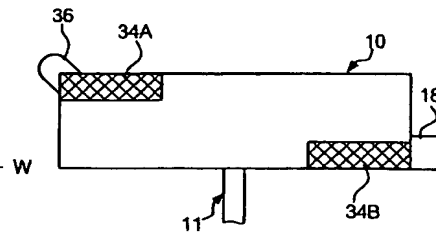


FIG. 10 is a perspective view of the front of the device 10. It shows a curved front surface 36 and a top edge 10.

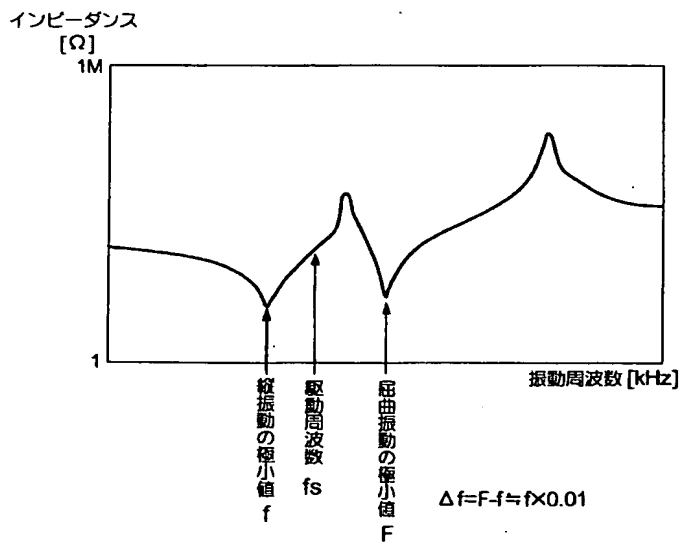
【図11】



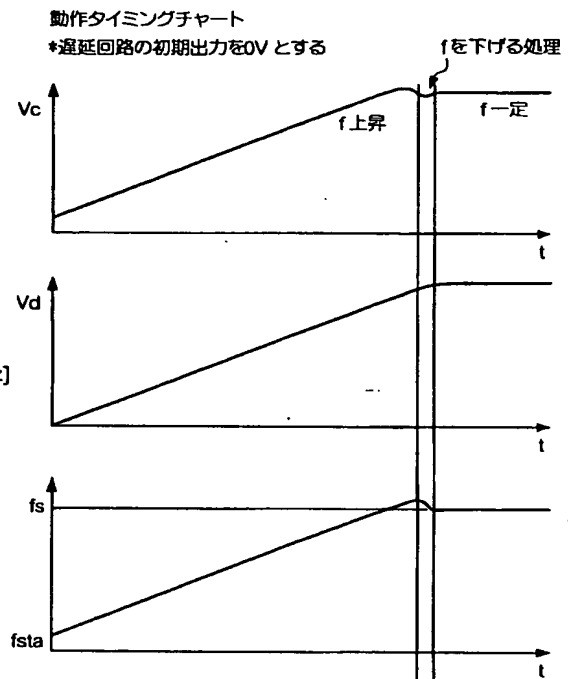
【図16】



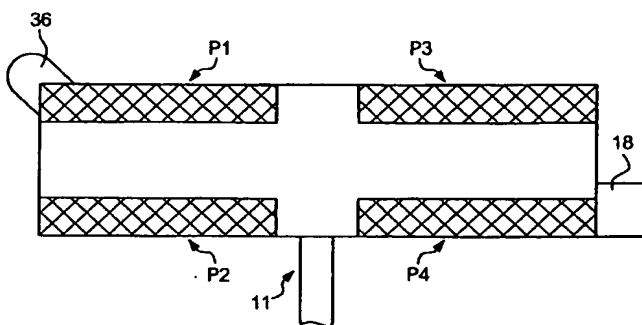
【図12】



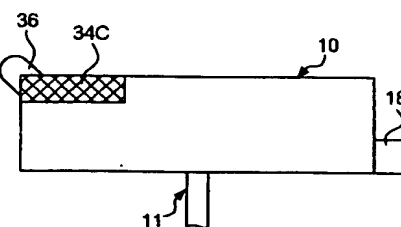
【図20】



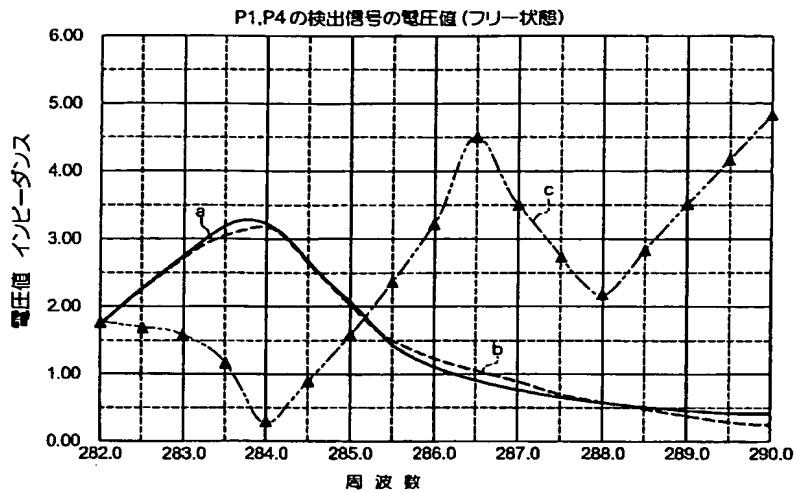
【図13】



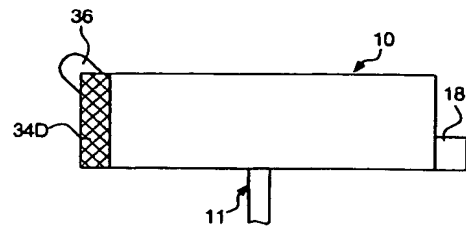
【図21】



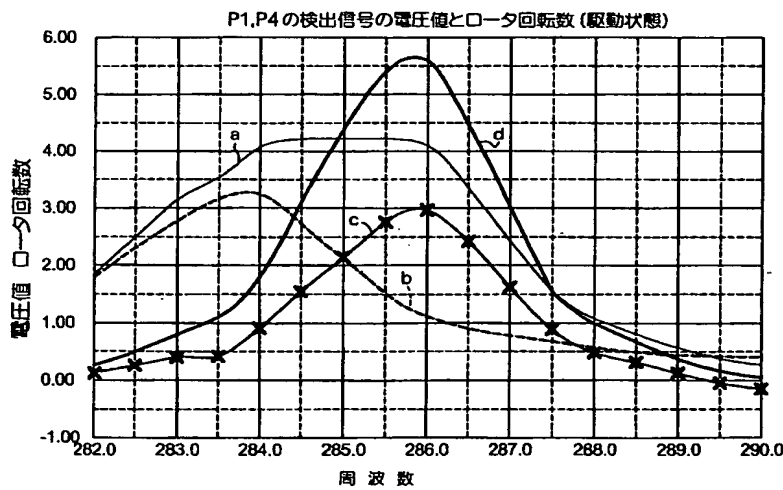
【図14】



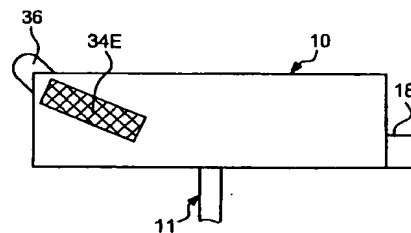
【図22】



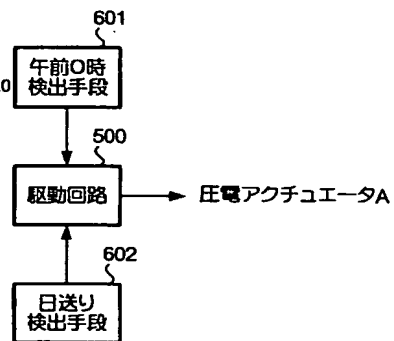
【図15】



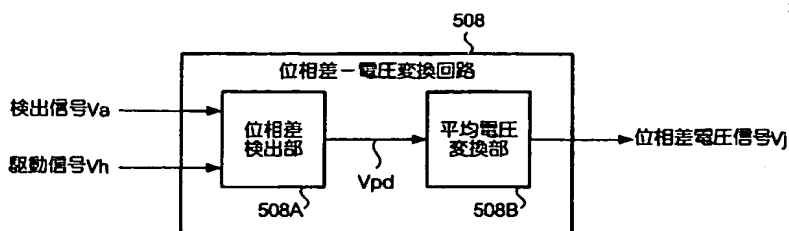
【図23】



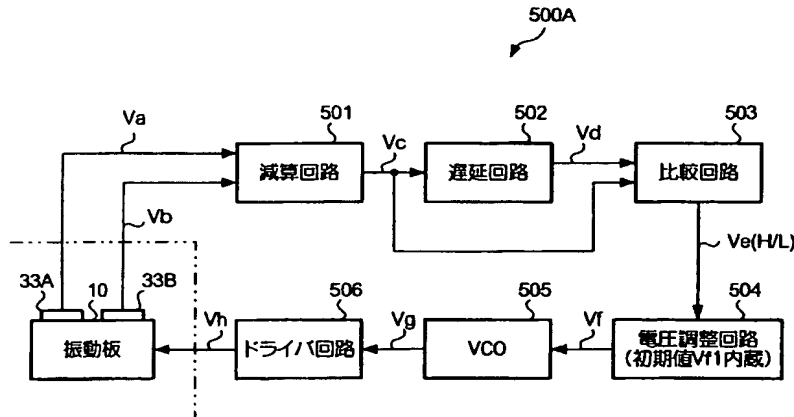
【図31】



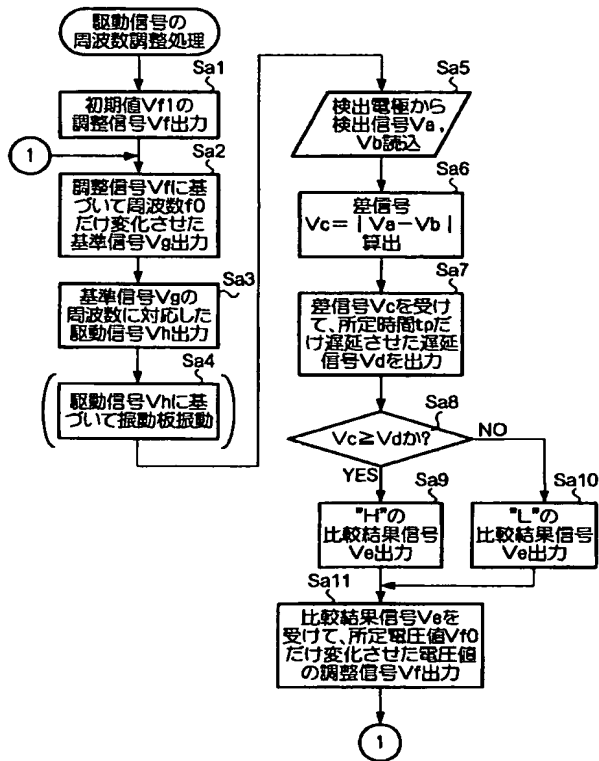
【図27】



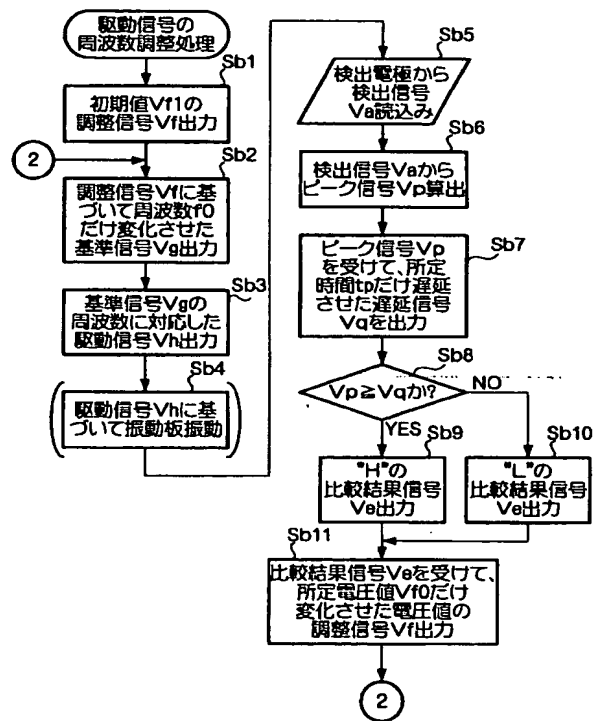
【図17】



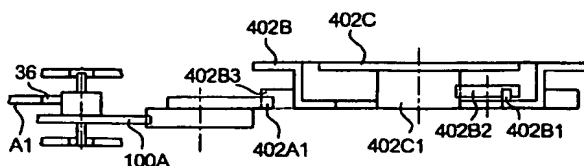
【図18】



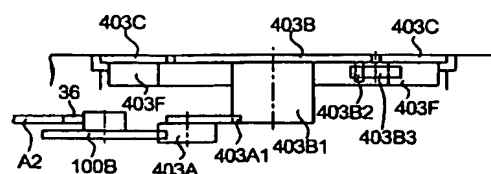
【図25】



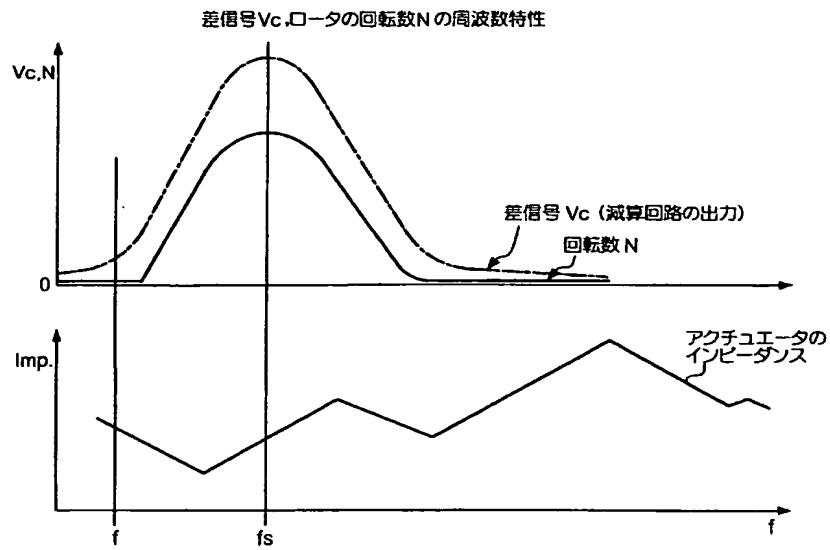
【図34】



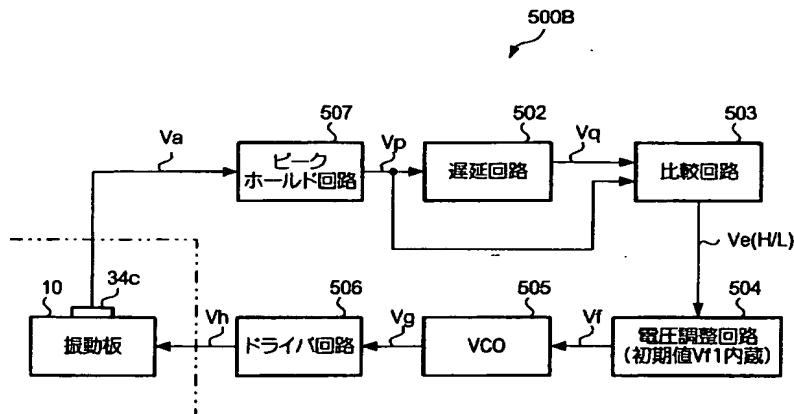
【図36】



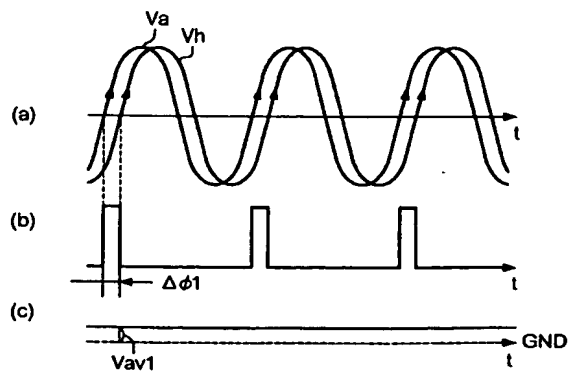
【図19】



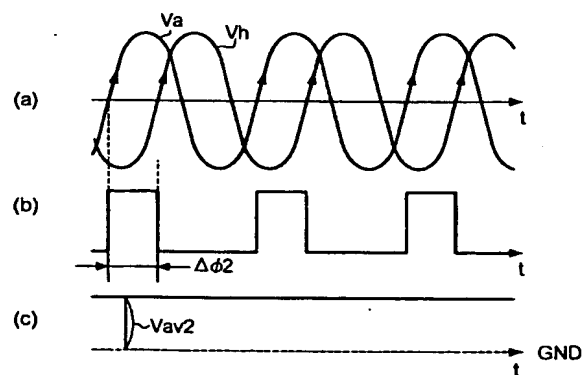
【図24】



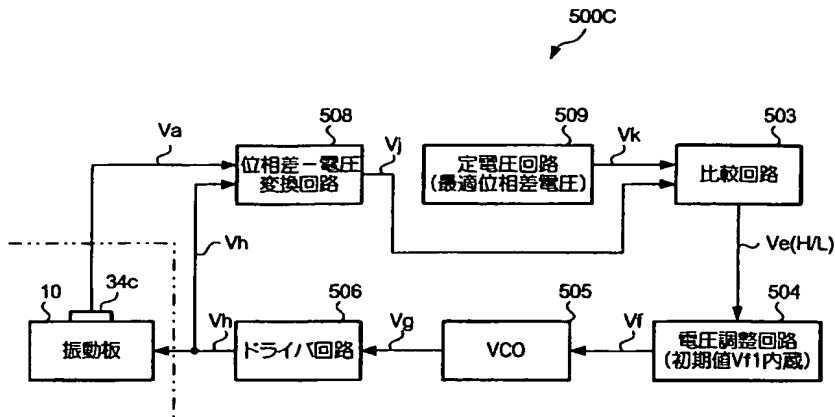
【図28】



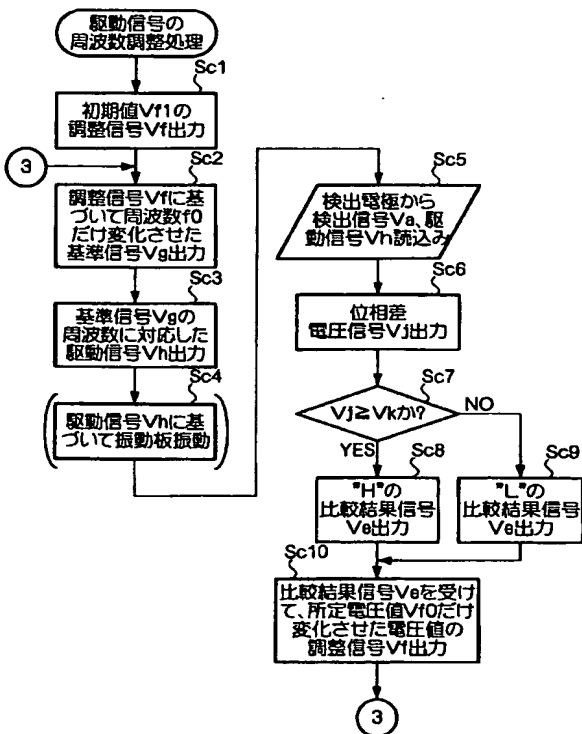
【図29】



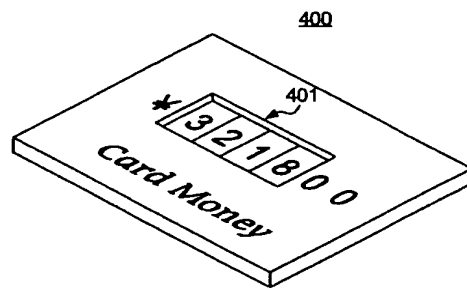
【図26】



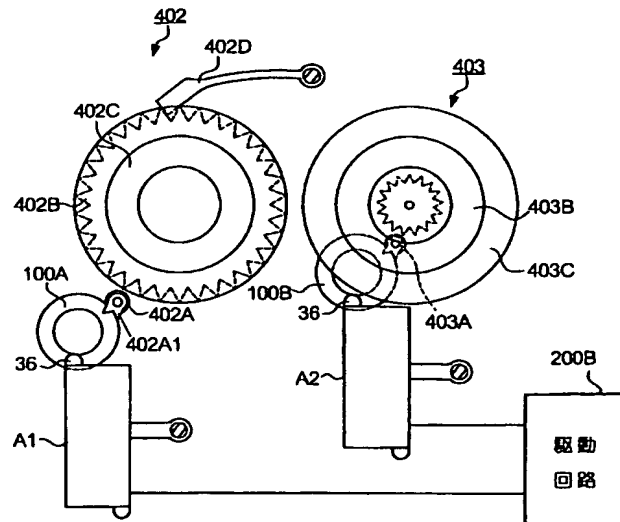
【図30】



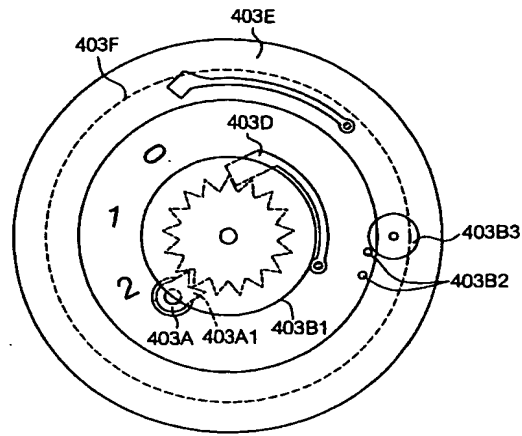
【図32】



【図33】



【図35】



フロントページの続き

(72)発明者 澤田 明宏  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2F082 AA00 BB02 DD01 DD10 EE02  
EE03 EE05 EE06 FF01  
5H680 AA06 AA19 BB02 BB20 BC02  
BC04 CC02 DD11 DD15 DD23  
DD27 DD34 DD46 DD65 DD73  
DD83 DD95 DD98 EE10 EE12  
EE20 EE24 FF26 FF30 FF32  
GG02 GG43

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-291264

(43)Date of publication of application : 04.10.2002

(51)Int.Cl. H02N 2/00  
G04C 3/00  
G04C 3/12

(21)Application number : 2001-091115

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 27.03.2001

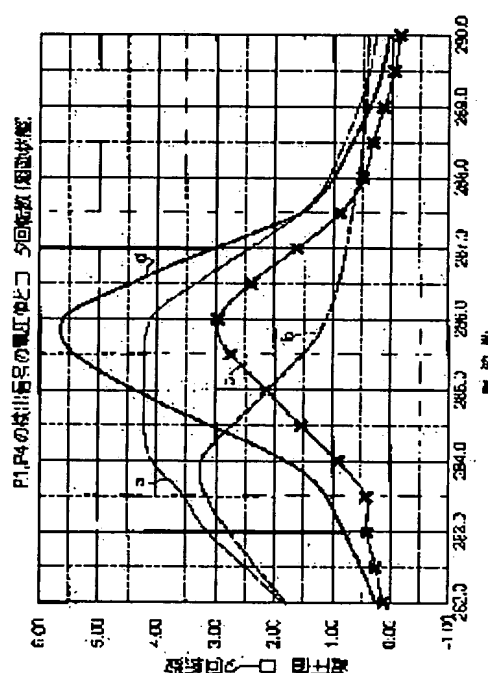
(72)Inventor : AKAHA HIDEHIRO  
FURUHATA MAKOTO  
SAWADA AKIHIRO

(54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR, DRIVING DEVICE OF PIEZOELECTRIC ACTUATOR, DRIVING METHOD OF SAME AND MOBILE EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric actuator small and thin size and capable of high efficient and stable driving.

SOLUTION: A drive circuit 500A computes a differential signal Vc of detection signals Va, Vb in response to the distortion of a vibration plate 10 from detection poles 34A, 34B by a subtraction circuit 501, and generates a delay signal 502 delayed by a predetermined time tp by a delay circuit 502. A comparator 503 is input by the differential signal Vc and a delay signal Vd, and a signal Ve resulting in comparison of a large and small voltages is supplied to a voltage adjustment circuit 504. The voltage adjustment circuit 504, VCO 504, and driver circuit 506 generates a drive signal Vh of frequency based on this comparison result signal Ve. Therefore, the drive circuit 500A detects distortion of the vibration plate 10 and controls the frequency of the drive signal Vh so that the vibration plate 10 is always vibrated in maximum with this distortion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]



of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and the contact section contacted for a drive is provided. The electrostrictive actuator characterized by preparing the distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when it is the electrostrictive actuator which drives said candidate for a drive and drives said candidate for a drive to said diaphragm with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration.

[Claim 2] In an electrostrictive actuator according to claim 1, the line prolonged towards said longitudinal oscillation is specified as striping. The line which divides the part which saw from said striping inside and was located in the opposite side of said contact section into the part whose weight is equal two is specified as a vertical line. the point used as the knot of said longitudinal oscillation -- a passage -- said striping -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- said diaphragm -- The electrostrictive actuator characterized for the balance controller which is said contact section and point symmetric position, and gives a difference to the weight of said two parts by the thing of said part prepared in either at least to the intersection at which said vertical line and said striping cross.

[Claim 3] The electrostrictive actuator characterized by preparing supporter material in the part which becomes said diaphragm with the knot of said longitudinal oscillation in an electrostrictive actuator according to claim 1 or 2.

[Claim 4] being according to claim 1 -- an electrostrictive actuator -- setting -- said -- distorted -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- longitudinal oscillation -- a knot -- becoming -- a part -- a passage -- said -- longitudinal oscillation -- vibration -- a direction -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- a side -- having arranged -- things -- the description -- \*\* -- carrying out -- an electrostrictive actuator .

[Claim 5] being according to claim 1 -- an electrostrictive actuator -- setting -- said -- distorted -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- longitudinal oscillation -- a knot -- becoming -- a part -- a passage -- said -- longitudinal oscillation -- vibration -- a direction -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- a side -- having arranged -- the -- one -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- reverse -- a side -- having arranged -- the -- two -- a detecting element -- having provided -- things -- the description -- \*\* -- carrying out -- an electrostrictive actuator .

[Claim 6] Said distorted detecting element is an electrostrictive actuator characterized by providing the part of the piezoelectric device by which the electrode for detection and this electrode for detection have been arranged in an electrostrictive actuator according to claim 1 to 6.

[Claim 7] It is the electrostrictive actuator characterized by being the piezo-electric sensor by which said distorted detecting element has been arranged on the field of said piezoelectric device in an electrostrictive actuator according to claim 1 to 6.

[Claim 8] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive It is the driving gear of the electrostrictive actuator which possesses and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration. The driving gear of the electrostrictive actuator characterized by providing the driving signal generation section which generates said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal, and the control signal generation section which generates said control signal based on the signal detected from said distorted detecting element.

[Claim 9] It is the driving gear of the electrostrictive actuator characterized by providing the armature-voltage control oscillator circuit which outputs the reference signal which has a frequency on the driving gear of an electrostrictive actuator according to claim 8, and corresponding to the electrical-potential-difference value of said control signal in said driving signal generation section, and the driver circuit which generates said driving signal based on said reference signal.

[Claim 10] In the driving gear of an electrostrictive actuator according to claim 8 or 9, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. The peak hold circuit which said control signal generation section detects the maximum of the amplitude among said detected signals, and outputs a peak signal, The delay circuit which outputs the delay signal which carried out predetermined time delay of said peak signal, The driving gear of the electrostrictive actuator characterized by providing the comparator circuit which compares the electrical-potential-difference value of said peak signal with the electrical-potential-difference value of said delay signal, and outputs a comparison result signal, and the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[Claim 11] In the driving gear of an electrostrictive actuator according to claim 8 or 9, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. The phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit which outputs the phase contrast voltage signal which has the electrical-potential-difference value which said control signal generation section detects the phase contrast of the phase of said detected signal, and the phase of said driving signal, and is equivalent to said phase contrast, The delay circuit which outputs the delay signal which carried out predetermined time delay of said phase contrast voltage signal, The driving gear of the electrostrictive actuator characterized by providing the comparator circuit which compares the electrical-potential-difference value of said phase contrast voltage signal with the electrical-potential-difference value of said delay circuit, and outputs a comparison result signal, and the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[Claim 12] In the driving gear of an electrostrictive actuator according to claim 8 or 9, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. The phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit

which outputs the phase contrast voltage signal which has the electrical-potential-difference value which said control signal generation section detects the phase contrast of the phase of said detected signal, and the phase of said driving signal, and is equivalent to said phase contrast, The voltage stabilizer which outputs the criteria phase contrast signal which has an electrical potential difference equivalent to the predetermined criteria phase contrast of the phase of said detecting signal, and the phase of said driving signal, The driving gear of the electrostrictive actuator characterized by providing the comparator circuit which compares said phase contrast voltage signal with said criteria phase contrast signal, and outputs a comparison result signal, and the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[Claim 13] In the driving gear of an electrostrictive actuator according to claim 8 or 9 said distorted detecting element The 1st detecting element which looked at from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and has been arranged to said contact section side, The 2nd detecting element which looked at from said striping among said diaphragms, and has been arranged to the reverse side of said contact section is provided. Said control signal generation section The subtractor circuit which outputs a difference signal from the difference of the signal detected from said 1st detecting element and the 2nd detecting element, respectively, The comparator circuit which compares with the electrical-potential-difference value of said difference signal and the electrical-potential-difference value of said delay circuit the delay circuit which outputs the delay signal which carried out predetermined time delay of said difference signal, and outputs a comparison result signal, The driving gear of the electrostrictive actuator characterized by providing the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[Claim 14] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive It is the drive approach of the electrostrictive actuator which possesses and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration. The drive approach of the electrostrictive actuator characterized by providing the driving signal generation process in which said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal is generated, and the control signal generation process which generates said control signal based on the signal detected from said distorted detecting element.

[Claim 15] being according to claim 14 -- an electrostrictive actuator -- a drive -- an approach -- setting -- said -- distorted -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- longitudinal oscillation -- a knot -- becoming -- a part -- a passage -- said -- longitudinal oscillation -- vibration -- a direction -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- a side -- arranging -- said -- a control signal -- generation -- a process -- said -- detecting -- having had -- a signal -- inside -- the amplitude -- maximum -- computing -- this -- maximum -- being based -- said -- a control signal -- generating -- things -- the description -- \*\* -- carrying out -- an electrostrictive actuator -- a drive -- an approach .

[Claim 16] In the drive approach of an electrostrictive actuator according to claim 15, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. Said control signal generation process is the drive approach of the electrostrictive actuator characterized by computing the phase contrast of the phase of said

detected signal, and the phase of said driving signal, and generating said control signal from this phase contrast.

[Claim 17] In the drive approach of an electrostrictive actuator according to claim 15 said distorted detecting element The 1st detecting element which looked at from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and has been arranged to said contact section side, The 2nd detecting element which looked at from said striping among said diaphragms, and has been arranged to the reverse side of said contact section is provided. Said control signal generation process The drive approach of the electrostrictive actuator characterized by computing the difference of the signal detected from said 1st detecting element and the 2nd detecting element, respectively, and generating said control signal from this difference.

[Claim 18] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The electrostrictive actuator which possesses \*\* for the distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive, and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration, The driving gear which has the control signal generation section which generates said control signal based on the signal detected from the driving signal generation section which generates said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal, and said distorted detecting element, The clock characterized by providing the calendar display vehicle driven by said electrostrictive actuator, and the power source which supplies power to said driving gear.

[Claim 19] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The electrostrictive actuator which possesses \*\* for the distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive, and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration, The driving gear which has the control signal generation section which generates said control signal based on the signal detected from the driving signal generation section which generates said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal, and said distorted detecting element, The pocket device characterized by providing the cell which supplies power to said driving gear.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the driving gear of the electrostrictive actuator which has a piezoelectric device, and an electrostrictive actuator, the drive approach of an electrostrictive actuator, a clock, and a pocket device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the piezoelectric device is excellent in the conversion efficiency from electrical energy to mechanical energy, and responsibility, various kinds of electrostrictive actuators using the piezo-electric effect of a piezoelectric device are developed in recent years. This electrostrictive actuator is applied to fields, such as a piezo-electric buzzer, an ink jet head of a printer, or an ultrasonic motor.

[0003] Although the variation rate of a piezoelectric device is based also on the electrical-potential-difference value of the driving signal supplied, it is minute, and it is usual that it is submicron extent. For this reason, amplifying a variation rate and transmitting a variation rate to the candidate for a drive by a certain multiplication mechanism, is performed. However, when a multiplication mechanism is used, in order to move itself, energy is consumed, the problem that effectiveness falls is upwards and there is a problem that the size of equipment will become large. Moreover, when it minds a multiplication mechanism, it may become difficult to transmit the driving force stabilized to the candidate for a drive.

[0004] Moreover, since a small pocket device like a wrist watch is driven by the cell, it needs to hold down low the electrical-potential-difference value of power consumption or a driving signal. When including an electrostrictive actuator in such a pocket device, especially an electrostrictive actuator is high in the energy efficiency, and what made low the electrical-potential-difference value of a driving signal is required.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the clock is equipped with the calender display device which displays the date and a day of the week. There are some which do not need the date amendment of the end of the month for these calender display devices, and this is called the auto calender device. As for the display action of this auto calender device, it is common to make a Japanese vehicle and \*\*\*\* drive using the rotation driving force of the electromagnetic stepping motor formed apart from the object for movement. On the other hand, since a wrist watch twists and carries a belt at a wrist, it has the demand of thin-shape-izing for many years so that conveniently [ carrying ]. Even if this demand is the wrist watch equipped with the auto calender display device, it is the same. However, when a tooth space was needed and only the part which prepares the driving source for the date display separately when the wrist watch equipped with the auto calender display device is compared with the wrist watch which is not equipped with the starting device used a stepping motor for the driving source of an auto calender display device, it was very difficult to attain thin shape-ization, after securing the tooth space.

[0006] Then, though it is efficient, by impressing a driving signal to the diaphragm which consists of sheet metal rectangle-like piezoelectric devices etc. as an actuator which enables loading to a

small device, a longitudinal direction is made to expand and contract a piezoelectric device, longitudinal oscillation is excited, and the electrostrictive actuator which makes crookedness vibration induce mechanically by the longitudinal oscillation concerned is proposed. In such an electrostrictive actuator, the part which contacts the candidate for a drive in an electrostrictive actuator is moved by making a diaphragm produce both longitudinal oscillation and crookedness vibration in an elliptical orbit. Thereby, this electrostrictive actuator has realized the efficient drive, though it is a small thin configuration.

[0007] However, an electrostrictive actuator excites longitudinal oscillation electrically to a diaphragm, and makes crookedness vibration induce mechanically by this longitudinal oscillation, as mentioned above. For this reason, when the longitudinal oscillation produced by telescopic motion of a piezoelectric device by impressing a driving signal controls the electrical-potential-difference value of a driving signal, it is difficult to control easily [ crookedness vibration induced according to the mechanical property of a diaphragm of what can be controlled comparatively easily ], and correctly. For this reason, it is considered that the stability as a product that crookedness vibration induced by originating in dispersion in the process tolerance of a diaphragm etc. will vary is also missing. Moreover, since crookedness vibration was decided by the mechanical property decided by the configuration of a diaphragm etc., it was difficult to obtain the crookedness vibration used as the stable amplitude under mechanical conditions, such as a decided configuration.

[0008] This invention is made in consideration of the above-mentioned situation, and though it is the configuration in which small and thin-shape-izing are possible, it aims at efficient and offering the driving gear of the electrostrictive actuator which can perform the stable drive, and an electrostrictive actuator, the drive approach of an electrostrictive actuator and the clock equipped with this electrostrictive actuator, and a pocket device.

[009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the electrostrictive actuator concerning this invention The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and the contact section contacted for a drive is provided. It is the electrostrictive actuator which drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration, and when driving said candidate for a drive, it is characterized by preparing the distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm at said diaphragm.

[0010] With the driving signal supplied, a piezoelectric device expands and contracts, the longitudinal oscillation which met the diaphragm at the longitudinal direction is excited by this configuration, and crookedness vibration is induced by the diaphragm in connection with this longitudinal oscillation by it. For example, if the frequency of a driving signal is amended using the detecting signal detected from a distorted detecting element, it will become possible to generate vibration stabilized in said diaphragm. Since it is not necessary to take the structure which carries out the laminating of the various members in the thickness direction with the configuration of this electrostrictive actuator, the formation of a small thin shape is also easy.

[0011] In this configuration, the line prolonged towards said longitudinal oscillation is specified as striping. The line which divides the part which saw from said striping inside and was located in the opposite side of said contact section into the part whose weight is equal two is specified as a vertical line. the point used as the knot of said longitudinal oscillation -- a passage -- said striping -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- said diaphragm -- The thing of said part for which the balance controller which is said contact section and point symmetric position, and gives a difference to the weight of said two parts is prepared in either at least to the intersection at which said vertical line and said striping cross is desirable.

[0012] In this configuration, it is desirable to said diaphragm to prepare supporter material in the part used as the knot of said longitudinal oscillation.

[0013] the part from which said distorted detecting element serves as a knot of said longitudinal

oscillation among said diaphragms in this configuration -- a passage -- the thing of said longitudinal oscillation which it sees from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction, and is arranged to said contact section side -- being desirable .

[0014] this -- a configuration -- setting -- said -- distorted -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- longitudinal oscillation -- a knot -- becoming -- a part -- a passage -- said -- longitudinal oscillation -- vibration -- a direction -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- a side -- having arranged -- the -- one -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- reverse -- a side -- having arranged -- the -- two -- a detecting element -- providing -- things -- being desirable .

[0015] As for said distorted detecting element, in this configuration, it is desirable to provide the electrode for detection and the part of the piezoelectric device by which this electrode for detection has been arranged.

[0016] As for said distorted detecting element, in this configuration, it is desirable that it is the piezo-electric sensor arranged on the field of said piezoelectric device.

[0017] The driving gear of the electrostrictive actuator concerning this invention The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive It is the driving gear of the electrostrictive actuator which possesses and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration. It is characterized by providing the driving signal generation section which generates said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal, and the control signal generation section which generates said control signal based on the signal detected from said distorted detecting element.

[0018] As for said driving signal generation section, in this configuration, it is desirable to provide the armature-voltage control oscillator circuit which outputs the reference signal which has a frequency corresponding to the electrical-potential-difference value of said control signal, and the driver circuit which generates said driving signal based on said reference signal.

[0019] In this configuration, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. The peak hold circuit which said control signal generation section detects the maximum of the amplitude among said detected signals, and outputs a peak signal, The delay circuit which outputs the delay signal which carried out predetermined time delay of said peak signal, A providing-comparator circuit [ which compares the electrical-potential-difference value of said peak signal with the electrical-potential-difference value of said delay signal, and outputs a comparison result signal ], and voltage adjustment circuit which adjusts electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal thing is desirable.

[0020] In this configuration, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. The phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit which outputs the phase contrast voltage signal which has the electrical-potential-difference value which said control signal generation section detects the phase contrast of the phase of said detected signal, and the phase of said driving signal, and is equivalent to said phase contrast, The delay circuit which outputs the delay signal which



carried out predetermined time delay of said phase contrast voltage signal, It is desirable to provide the comparator circuit which compares the electrical-potential-difference value of said phase contrast voltage signal with the electrical-potential-difference value of said delay circuit, and outputs a comparison result signal, and the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[0021] In this configuration, see said distorted detecting element from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of said longitudinal oscillation through the part which serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms, and it is arranged to said contact section side. The phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit which outputs the phase contrast voltage signal which has the electrical-potential-difference value which said control signal generation section detects the phase contrast of the phase of said detected signal, and the phase of said driving signal, and is equivalent to said phase contrast, The voltage stabilizer which outputs the criteria phase contrast signal which has an electrical potential difference equivalent to the predetermined criteria phase contrast of the phase of said detecting signal, and the phase of said driving signal, It is desirable to provide the comparator circuit which compares said phase contrast voltage signal with said criteria phase contrast signal, and outputs a comparison result signal, and the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[0022] the part from which said distorted detecting element serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms in this configuration -- a passage -- the 1st detecting element of said longitudinal oscillation which looked at from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction, and has been arranged to said contact section side -- The 2nd detecting element which looked at from said striping among said diaphragms, and has been arranged to the reverse side of said contact section is provided. Said control signal generation section The subtractor circuit which outputs a difference signal from the difference of the signal detected from said 1st detecting element and the 2nd detecting element, respectively, The comparator circuit which compares with the electrical-potential-difference value of said difference signal and the electrical-potential-difference value of said delay circuit the delay circuit which outputs the delay signal which carried out predetermined time delay of said difference signal, and outputs a comparison result signal, It is desirable to provide the voltage adjustment circuit which adjusts the electrical-potential-difference value of said control signal in predetermined electrical-potential-difference value in response to said comparison result signal.

[0023] The drive approach of the electrostrictive actuator concerning this invention The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration which vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive It is the drive approach of the electrostrictive actuator which possesses and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration. It is characterized by having the driving signal generation process in which said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal is generated, and the control signal generation process which generates said control signal based on the signal detected from said distorted detecting element.

[0024] this -- a configuration -- setting -- said -- distorted -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- longitudinal oscillation -- a knot -- becoming -- a part -- a passage -- said -- longitudinal oscillation -- vibration -- a direction -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- a side -- arranging -- said -- a control signal -- generation -- a process -- said -- detecting -- having had -- a signal -- inside -- the amplitude -- maximum -- computing --

this -- maximum -- being based -- said -- a control signal -- generating -- things -- being desirable .

[0025] this -- a configuration -- setting -- said -- distorted -- a detecting element -- said -- a diaphragm -- inside -- said -- longitudinal oscillation -- a knot -- becoming -- a part -- a passage -- said -- longitudinal oscillation -- vibration -- a direction -- intersecting perpendicularly -- a direction -- extending -- striping -- from -- seeing -- said -- contact -- the section -- a side -- arranging -- said -- a control signal -- generation -- a process -- said -- detecting -- having had -- a signal -- a phase -- said -- a driving signal -- a phase -- phase contrast -- computing -- this -- phase contrast -- from -- said -- a control signal -- generating -- things -- being desirable .

[0026] the part from which said distorted detecting element serves as a knot of said longitudinal oscillation among said diaphragms in this configuration -- a passage -- the 1st detecting element of said longitudinal oscillation which looked at from striping prolonged in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction, and has been arranged to said contact section side -- The 2nd detecting element which looked at from said striping among said diaphragms, and has been arranged to the reverse side of said contact section is provided, and, as for said control signal generation process, it is desirable to compute the difference of the signal detected from said 1st detecting element and the 2nd detecting element, respectively, and to generate said control signal from this difference.

[0027] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration to which the clock concerning this invention vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The electrostrictive actuator which possesses \*\* for the distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive, and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration, The driving gear which has the control signal generation section which generates said control signal based on the signal detected from the driving signal generation section which generates said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal, and said distorted detecting element, It is characterized by providing the calender display vehicle driven by said electrostrictive actuator, and the power source which supplies power to said driving gear.

[0028] The diaphragm which has at least one piezoelectric device which generates crookedness vibration to which the pocket device concerning this invention vibrates in the direction which intersects perpendicularly with longitudinal oscillation and this longitudinal oscillation mostly by supplying a driving signal, It is prepared in said diaphragm and prepared in the contact section contacted for a drive, and said diaphragm. The electrostrictive actuator which possesses \*\* for the distorted detecting element which detects distortion of said diaphragm when driving said candidate for a drive, and drives said candidate for a drive with the variation rate of said contact section accompanying said longitudinal oscillation and crookedness vibration, The driving gear which has the control signal generation section which generates said control signal based on the signal detected from the driving signal generation section which generates said driving signal which performed frequency amendment based on the control signal, and said distorted detecting element, [0029] characterized by providing the cell which supplies power to said driving gear

[Embodiment of the Invention] The wrist watch which equipped explaining the operation gestalt of this invention with reference to a drawing with the calender display device driven by the electrostrictive actuator by this invention with this operation gestalt hereafter is illustrated.

A. whole \*\*\*\* -- drawing 1 is the top view showing the main configurations of the calender display device incorporating an electrostrictive actuator in the wrist watch concerning 1 operation gestalt of this invention first. As shown in this drawing, electrostrictive actuator A is equipped with the diaphragm 10 which carries out stretching vibration to field inboard (direction parallel to the space of drawing). Moreover, Rota 100 used as the candidate for a drive is supported by the cope plate (base material) 103 free [ rotation ], and is arranged in the location which contacts a diaphragm 10, and if the peripheral face is struck by vibration produced in a

diaphragm 10, the rotation drive of it will be carried out in the direction shown by the drawing Nakaya mark.

[0030] Next, the calender display device is connected with electrostrictive actuator A through Rota 100, and is driven with the driving force of Rota 100. The profile configuration of the principal part of a calender display device is carried out from the reduction train and the ring-like Japanese vehicle 50 which slow down rotation of Rota 100. Moreover, the Japanese time of the reduction train was carried out, and it is equipped with the middle vehicle 40 and Japanese \*\*\*\*\* 60.

[0031] Here, if a diaphragm 10 vibrates to field inboard as mentioned above, Rota 100 which is in contact with the diaphragm 10 will be rotated clockwise. The Japanese time of the rotation of Rota 100 is carried out, it is transmitted to Japanese \*\*\*\*\* 60 through the middle vehicle 40, and this Japanese \*\*\*\*\* 60 rotates the Japanese vehicle 50 in the direction of a clockwise rotation. Thus, each transfer of the force from a reduction train and the reduction train to [ from a diaphragm 10 / from Rota 100 and Rota 100 ] the Japanese vehicle 50 is performed by field inboard. For this reason, a calender display device can be thin-shape-ized.

[0032] Drawing 2 is the sectional view of the clock concerning 1 operation gestalt of this invention. In drawing, in order to incorporate the calender display device equipped with electrostrictive actuator A mentioned above into the mesh part and to make the whole clock into a thin shape, thickness D in which a calender display device is included also becomes very thin. The disc-like dial 70 is formed in the calender display device bottom. The window part 71 for displaying the date is formed in a part of periphery section of this dial 70, and the date of the Japanese vehicle 50 can be looked into now through a window part 71. Moreover, the movement 73 which drives a needle 72, and the drive circuit (not shown) mentioned later are established in the dial 70 bottom.

[0033] In the above configuration, electrostrictive actuator A accumulates neither a coil nor Rota in the thickness direction like the conventional stepping motor, but has composition which has arranged a diaphragm 10 and Rota 100 in the same flat surface. For this reason, structure is formed in a thin shape compared with a stepping motor etc. Thus, thickness of the whole clock can be made thin by thin-shape-izing a calender display device. For example, although the wrist watch equipped with the generation-of-electrical-energy function these days is proposed variously, in such a wrist watch, at least two big components, such as a generator style and a motor style for a movement drive, must be carried, and it can be said that the merit of being able to carry out [ thin shape ]-izing of the calender display device in this way is large. Furthermore, by thin-shape-izing a calender display device, a movement 73 can be communalized between clocks without the display device which starts a calender display device with a certain clock, and productivity can be raised.

[0034] B. Explain, referring to drawing 3 which is drawing 1 and its sectional view about the configuration of a calender display device, next the configuration of a calender display device. In drawing, a cope plate 103 is the 1st bottom plate for arranging each part article, and bottom plate 103' is the 2nd bottom plate which had a level difference partially to the bottom plate 103.

[0035] Gearing 100c which is Rota 100 and the same axle above Rota 100 as for which a rotation drive is carried out by electrostrictive actuator A, and is rotated by Rota 100 is prepared. It consists of narrow diameter portion 4a which the Japanese time was carried out, the middle vehicle 40 fixed so that major diameter 4b, this, and this alignment might be accomplished, and was formed in the minor diameter a little rather than major diameter 4b, and gearing 100c and major diameter 4b to engage are rotated with rotation of gearing 100c accompanying Rota 100, and the middle vehicle 40 is rotated. The peripheral surface of narrow diameter portion 4a is cut in the shape of an abbreviation square, and is lacked, and notch 4c is formed.

[0036] Moreover, a Japanese time is carried out to bottom plate 103', the shaft 41 of the middle vehicle 40 is formed, a Japanese time is carried out, and the bearing (not shown) connected with a shaft 41 is formed in the interior of the middle vehicle 40. Therefore, a Japanese time is carried out and the middle vehicle 40 is formed free [ rotation ] to bottom plate 103'. In addition, Rota 100 also has bearing (not shown) inside and is supported to revolve free [ rotation ] to the

cope plate 103.

[0037] Next, the Japanese vehicle 50 is carrying out the ring-like configuration, and internal-gear 5a is formed in the inner skin. Japanese \*\*\*\*\* 60 has the gearing of five gear teeth, and has geared to internal-gear 5a. Moreover, the shaft 61 is formed in the core of Japanese \*\*\*\*\* 60, and Japanese \*\*\*\*\* 60 is supported to revolve free [ rotation ]. The shaft 61 is loosely inserted in the through tube 62 formed in bottom plate 103'. The through tube 62 is formed for a long time along the circumference direction of the Japanese vehicle 50.

[0038] Next, the end is fixed to bottom plate 103', and, as for a flat spring 63, the other end is oppressing the shaft 61 in the direction of the upper right of drawing 1 . Thereby, a flat spring 63 energizes a shaft 61 and Japanese \*\*\*\*\* 60. Moreover, rocking of the Japanese vehicle 50 is also prevented according to an energization operation of this flat spring 63.

[0039] Next, an end \*\*\*\*\* a flat spring 64 to bottom plate 103', the stop is carried out and point 64a bent in the shape of abbreviation for V characters is formed in the other end. Moreover, when a Japanese time is carried out, the middle vehicle 40 rotates and point 64a enters into notch 4c, contact 65 is arranged so that a flat spring 64 may be contacted. If the predetermined electrical potential difference is impressed to the flat spring 64 and contact 65 is contacted, the electrical potential difference will be impressed also to contact 65. Therefore, a Japanese delivery condition is detectable by detecting the electrical potential difference of contact 65. In addition, if the manual drive pulley which gears to internal-gear 5a is prepared and a user performs predetermined actuation to a crown (not shown), you may make it drive the Japanese vehicle 50.

[0040] C. Explain electrostrictive actuator A concerning the outline configuration, next this operation gestalt of an electrostrictive actuator C1. electrostrictive actuator. As shown in drawing 4 , electrostrictive actuator A is equipped with the long tabular diaphragm 10 formed in the longitudinal direction of drawing for a long time, and the supporter material 11 which supports this diaphragm 10 to a cope plate 103 (refer to drawing 1 and drawing 3 ).

[0041] The contact section 36 protrudes on the edge 35 of the longitudinal direction of a diaphragm 10 towards the Rota 100 side, and this contact section 36 is contacted in the condition of having pressed to the peripheral face of Rota 100 by the spring member 300 grade mentioned later. Since what is necessary is to work polish etc. only to the contact section 36 in order to maintain the condition of the contact surface with Rota 100 etc. by forming such the contact section 36, management of the contact section with Rota 100 becomes easy. moreover -- as the contact section 36 -- a conductor -- or -- un--- although the thing of a conductor can be used -- un--- even if it contacts Rota 100 generally formed from a metal, piezoelectric devices 30 and 31 can be prevented from connecting too hastily, if it is made to form from a conductor

[0042] Moreover, with this operation gestalt, the contact section 36 serves as a curved-surface configuration superficially projected to the \*\*\*\* Rota 100 side like illustration. Thus, even if the physical relationship of Rota 100 and a diaphragm 10 is the case where it varies by dimension dispersion etc., by making into a curved-surface configuration the contact section 36 which contacts Rota 100, he is trying for the contact condition of the peripheral face of Rota 100 and the contact section 36 of a curved-surface configuration which are a curved surface not to change so much. Thereby, contact of Rota 100 and the contact section 36 is maintained in the condition of having been stabilized.

[0043] The end section 37 of the supporter material 11 of the letter of the abbreviation for L characters is attached near the center section of the longitudinal direction of a diaphragm 10. The supporter material 11 is crooked in the Rota 100 side from the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of a diaphragm 10 mostly from the end section 37, and the other end 38 of this straight supporter material 11 is supported by the cope plate 103 (refer to drawing 1 ) free [ rotation ] by the shank 39. That is, since the supporter material 11 serves as rotation freedom focusing on the shank 39, it becomes possible [ pressing a diaphragm 10 by desired thrust to Rota 100 by the spring member 300 ]. Moreover, the supporter material 11 may be formed in the below-mentioned accessory plate 32 and one which constitute a diaphragm 10.

[0044] End section 300a of the spring member 300 is engaging with part 11a which extends in the longitudinal direction of a diaphragm 10 and abbreviation parallel in the supporter material 11. the spring member 300 -- the -- it is mostly supported by pin 300b in the central part free [ the rotation to a cope plate 103 (refer to drawing 1 and drawing 3 ) ]. Moreover, although other end 300c is engaging with the cope plate 103, the thrust given to the supporter material 11 with the location of this other end 300c can be fluctuated. The force in which end section 300a of the spring member 300 will specifically press part 11a of the supporter material 11 to an upper part side if the variation rate of the other end 300c is carried out to the clockwise rotation in drawing a core [ pin 300b ] increases, and if the variation rate of the other end 300c is carried out counterclockwise, the thrust will decrease. Here, if the force which presses the supporter material 11 to an upper part side increases, since the force which the supporter material 11 tends to rotate to the counterclockwise rotation in drawing focusing on a shank 39 increases, the force in which the contact section 36 presses Rota 100 will increase. On the other hand, if the force which presses the supporter material 11 to an upper part side decreases, in order that the force which the supporter material 11 tends to rotate counterclockwise may decrease, the force in which the contact section 36 presses Rota 100 will decrease. That is, by adjusting the location of other end 300c, the contact section 36 can adjust the thrust given to Rota 100, and, thereby, enables adjustment of the drive property of electrostrictive actuator A etc.

[0045] As shown in drawing 5 , the diaphragm 10 has a laminated structure which has arranged the back up plate 32, such as thin stainless steel as thick than piezoelectric devices 30 and 31 which is isomorphism-like mostly as these piezoelectric devices 30 and 31, among the piezoelectric devices 30 and 31 of the shape of two rectangle. Thus, by arranging the back up plate 32 among piezoelectric devices 30 and 31, damage on the diaphragm 10 which originates in impulse force from the outside by the fault amplitude of a diaphragm 10, fall, etc. is reduced, and endurance is raised. Moreover, he is trying not to bar vibration of piezoelectric devices 30 and 31 as much as possible by using a thin thing thicker than piezoelectric devices 30 and 31 as the back up plate 32. In addition, a production process can be simplified if the supporter material 11 mentioned above is the back up plate 32 and really [ concerned ] formed.

[0046] the field top of the piezoelectric devices 30 and 31 arranged up and down as shown in drawing 6 -- these piezoelectric devices 30 and 31 -- almost -- the whole surface -- a wrap -- the electrode 33 is arranged like, respectively. And a driving signal is supplied to piezoelectric devices 30 and 31 from the drive circuit 500 through these electrodes 33. Here, as piezoelectric devices 30 and 31, various kinds of things, such as titanite-acid zirconic acid lead (PZT (trademark)), Xtal, lithium niobate, barium titanate, lead titanate, meta-niobic acid lead, polyvinylidene fluoride, zinc niobic acid lead, and scandium niobic acid lead, can be used. The empirical formula of zinc niobic acid lead here  $[Pb(Zn_{1/3}-Nb_{2/3})O_{31}-X X (PbTiO_3)]$ , ( -- however, X changes with presentations, and becomes about [  $X=0.09$  ] ), and the empirical formula of scandium niobic acid lead is set to  $[Pb(Sc_{1/2}-Nb_{1/2})(1-X TiX)O_3]$  (about [ However X changing with presentations. ]  $X=0.09$  ).

[0047] If a driving signal is impressed from the drive circuit 500 so that the potential of a top face, a center, and an inferior surface of tongue may be respectively set to +V, 0, and +V (or -V, 0, -V) as shown in drawing 7 when the direction of polarization of piezoelectric devices 30 and 31 is reverse, it will displace so that a tabular piezoelectric device may expand and contract, and the variation rate by such telescopic motion will be used with this operation gestalt. In addition, what is necessary is just to impress an electrical potential difference so that the potential of a top face, a center, and an inferior surface of tongue may be respectively set to +V, 0, and -V (or -V, 0, +V) when the direction of polarization of piezoelectric devices 30 and 31 is made to become the same.

[0048] Moreover, the electrodes 34A and 34B for detection are formed on the field in a certain predetermined location at the diaphragm 10 (refer to drawing 20 ). In this case, the electrodes 34A and 34B for detection form an electrode in the front face of a piezoelectric device 30, it is made to insulate with an electrode 33, and make the part of the electrodes 34A and 34B for detection, and should just form it. These electrodes 34A and 34B for detection detect as distortion vibration generated in a diaphragm 10, and achieve the function as a strain gage with

the piezoelectric device which counters the electrodes 34A and 34B for detection concerned. The electrical-potential-difference value of the detecting signal from the electrodes 34A and 34B for detection is proportional to the magnitude of distortion. About the arrangement location of these electrodes 34A and 34B for detection, it shall mention later.

[0049] Thus, if the driving signal of an alternating current is impressed to piezoelectric devices 30 and 31 through electrodes 33 and 33 from the drive circuit 500, in piezoelectric devices 30 and 31, vibration expanded and contracted in a longitudinal direction will generate the diaphragm 10 constituted. In that case, as shown in drawing 8, when piezoelectric devices 30 and 31 expand and contract in a longitudinal direction, the longitudinal oscillation which a diaphragm 10 expands and contracts in a longitudinal direction will be caused, and a diaphragm 10 will vibrate by this in the direction shown by the drawing 4 Nakaya mark. Thus, if a diaphragm 10 excites by longitudinal oscillation electrically by impression of the driving signal to piezoelectric devices 30 and 31, the angular moment centering on the center of gravity of a diaphragm 10 will occur by the unbalance of the weight balance of a diaphragm 10. As shown in drawing 9, crookedness vibration which a diaphragm 10 rocks crosswise (the vertical direction of drawing 4) by this angular moment is induced. In order to make a bigger crookedness vibration induce, he is trying to generate the bigger angular moment with this operation gestalt by forming the balance controller section 18 in the edge 16 of the opposite side the side in which the contact section 36 of a diaphragm 10 was formed.

[0050] Thus, by making a diaphragm 10 produce longitudinal oscillation and crookedness vibration, and combining both, the contact part with Rota 100 in the contact section 36 of a diaphragm 10 will move along an elliptical orbit, as shown in drawing 10. And when the contact section 36 draws an elliptical orbit and the contact section 36 is in the location which swelled to the Rota 100 side, the contact section 36 carries out press contact to Rota 100, and when it is in the location where the contact section 36 shunted the Rota 100 side on the other hand, the contact section 36 estranges from Rota 100 (or thrust becomes small even if in contact). Therefore, electrostrictive actuator A makes the rotation drive of Rota 100 carry out in the displacement direction of the contact section 36, when the contact section 36 is in the Rota 100 side while both thrust is large that is,.

[0051] As the balance controller 18 is shown in drawing 11, the line prolonged in the oscillating direction of longitudinal oscillation is specified as striping W here. It extends in the direction which intersects perpendicularly in the oscillating direction of longitudinal oscillation through the point used as the knot of longitudinal oscillation. As opposed to the intersection O at which the line which divides the part which saw from Striping W among diaphragms 10, and was located in the opposite side of the contact section 36 into the parts a and b whose weight is equal two is specified as a vertical line L, and a vertical line L and Striping W cross in the contact section 36 and a point symmetric position And a difference is given to the weight of two parts a and b. Moreover, what is necessary is just to make the balance controller 18 into the contact section 36, the shape of isomorphism, and the same weight.

[0052] The impedance characteristic of a C2. diaphragm, next the impedance characteristic which the mechanical structure like a diaphragm 10 has are explained. If the force is fixed to the mechanical structure of diaphragm 10 grade and the excitation frequency is enlarged gradually, response of the amplitude of the structure serving as maximum (that is, an impedance minimal value) on a specific frequency, and becoming the posterior pole smallness value (maximal value of an impedance) will be repeated. That is, two or more excitation frequencies in which the amplitude takes the maximal value exist, and call such each excitation frequency resonance frequency. And as for resonance frequency, it is common to exist in each of longitudinal oscillation and crookedness vibration, and to have the relation of an impedance and a frequency which are illustrated to drawing 12 in the structure of the shape of a rectangle like a diaphragm 10. The minimal value of the impedance of the longitudinal oscillation of the number (for example, primary) of Sadaji Tokoro which is the example of illustration is fkHz, the minimal value of the impedance of crookedness vibration of a certain number (for example, secondary) of Sadaji Tokoro is FkHz, and the minimal value of the impedance of both vibration differs (within the limits of  $F = 196\text{kHz} - 200\text{kHz}$  when it is here, and about  $f \times 0.01$  are desirable as for  $\Delta f = F - f$ , for

example, it is  $f = 196\text{kHz}$ ).

[0053] When the relation between the resonance frequency of each vibration and the frequency of the driving signal impressed has the fixed electrical-potential-difference value of the driving signal impressed, the amplitude of each vibration will serve as a property which becomes small gradually, if the frequency of a driving signal separates from resonance frequency by making resonance frequency of each vibration into max. Moreover, since crookedness vibration of a diaphragm 10 is induced by the gravity imbalance at the time of longitudinal oscillation, phase contrast with longitudinal oscillation shifts with the magnitude of the amplitude of longitudinal oscillation etc. That is, it has the property that the difference of the phase of longitudinal oscillation and the phase of crookedness vibration changes with the frequencies of a driving signal. In order to obtain a required drive, it is necessary to set up by what phase contrast it is what amplitude and each vibration is excited but, and these are dependent on the frequency of the driving signal impressed to piezoelectric devices 30 and 31 from the property of a diaphragm 10, as mentioned above. With this operation gestalt, as shown in drawing 12, the frequency of a certain value  $f_s$  between the resonance frequency of a primary longitudinal oscillation and the resonance frequency of a secondary crookedness vibration is adopted as a frequency of a driving signal, and drive of supplying the driving signal of the frequency concerned to piezoelectric devices 30 and 31 is performed.

[0054] The electrode for C3. detection, next the electrode for detection are explained based on drawing 13 thru/or drawing 15. Drawing 13 shows the electrodes P1, P2, P3, and P4 for detection arranged near the four corners on the field of a diaphragm 10. Drawing 14 and drawing 15 are the results of dividing into unloaded condition and a drive condition the electrical-potential-difference value of the detecting signal detected from the electrodes P1 and P4 for detection among these electrodes P1-P4 for detection, and experimenting in it. Drawing 14 is in a no-load (free) condition, and is drawing having shown the electrical-potential-difference value and impedance of a detecting signal which are detected from the electrodes P1 and P4 for detection obtained when changing the frequency of the driving signal supplied to the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10. Drawing 15 is in a drive condition and is drawing having shown the difference signal which showed the electrical-potential-difference value of the detecting signal detected from the electrodes P1 and P4 for detection obtained when changing the frequency of the driving signal supplied to the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10, and the difference electrical-potential-difference value, and the rotational frequency of Rota 100. In drawing 14 and drawing 15, as for the detecting signal by which a characteristic ray a is detected from the electrode P1 for detection, the detecting signal by which a characteristic ray b is detected from the electrode P2 for detection, and the characteristic ray c, the Rota rotational frequency and the characteristic ray e show the difference signal, respectively, as for the impedance and the characteristic ray d.

[0055] Next, it attaches and states to having been detected from drawing 14 and drawing 15. As a premise, as for a diaphragm 10, the almost same vibration (longitudinal oscillation, crookedness vibration) shall be performed irrespective of unloaded condition and a drive condition for the bottom of a drive condition (thrust, driving torque, etc.).

\*\* While not driving Rota 100 (free condition), as for the electrical-potential-difference value (characteristic rays a and b) of the detecting signal obtained from the electrodes P1 and P4 for detection, the detecting signal near the resonance point of longitudinal oscillation serves as max.

\*\* From the electrical-potential-difference value (characteristic rays a and b) and the Rota rotational frequency (characteristic ray d) of a detecting signal at the time of the Rota drive (driving signal input of a constant-voltage value), the detecting signals from the electrodes P1 and P4 for detection differ at the time of the Rota drive. This is considered that the electrical potential difference has generated it in the piezo-electric effect by the piezoelectric device in the location of the electrode P1 for detection according to an operation of both distortion by the vibration itself, and the distortion by the reaction from Rota 100 since the electrical potential difference P1 for detection is distorted according to the reaction which the diaphragm 10 at the time of the Rota drive receives from Rota 100.



**\*\*** The max of the electrical-potential-difference value of the detecting signal of the electrode P1 for detection and the max of the rotational frequency (characteristic ray d) of Rota 100 are mostly in agreement.

**\*\*** The max of the electrical-potential-difference value (characteristic ray e) which lengthened the electrical-potential-difference value of the electrode P2 for detection from the electrical-potential-difference value of the electrode P1 for detection is mostly in agreement with the max of the Rota rotational frequency (characteristic ray d). It is thought that the generating voltage component by longitudinal oscillation is offset from this **\*\*** by lengthening the electrical-potential-difference value of the electrode P4 for detection from the electrical-potential-difference value of the electrode P1 for detection. For this reason, it is considered that the difference signal has detected the near distortion at the time of the Rota drive. This shows how delivery of the force from a diaphragm 10 to Rota 100 was performed, and has the close relation to the driving force of Rota, or a rotational frequency.

[0056] What is necessary is just to prepare in the location where the same vibration is carried out in while not driving Rota 100, when detecting using the arrangement location **\*\*2\*\*** electrode of the electrode for detection, and only one electrode tends to receive the reaction force from Rota 100 at the time of the Rota drive. That is, you may be the electrodes P2 and P3 for detection.

**\*\*** When detecting using one electrode, prepare in the location used as the electrical-potential-difference value generated by detecting distortion by vibration (they being the primary longitudinal oscillation and the secondary crookedness vibration at an operation gestalt) of electrical-potential-difference value >> diaphragm original detected by distortion by the reaction force from 1 Rota 100 (electrode 34 for detection E of electrode 34C for detection of drawing 21 , and drawing 23 ).

2) Prepare an electrode in the location which can detect only the detecting signal which generated the electrical-potential-difference value generated in distortion by vibration of diaphragm original in the electrode for detection in phase murder and distortion by the reaction from Rota 100 (electrode 34D for detection of drawing 22 ).

3) Prepare an electrode in the location which can detect the detecting signal which is the knot of vibration and was generated in distortion by the reaction from Rota 100.

[0057] D. The configuration drive circuit 500 of a drive circuit is divided into the circuit using two detecting signals, and the circuit using one detecting signal.

As shown in drawing 16 , on the field of a diaphragm 10, the diaphragm 10 equipped with electrode 34A for detection arranged at the about 36 contact section and electrode 34B for detection arranged at the about 18 balance section is used in the drive circuit of drive **\*\*\*\*\*** using the detecting signal of 1.2 D. These electrodes 34A and 34B for detection are equivalent to the electrodes P1 and P4 ( drawing 12 ) for detection mentioned above.

[0058] Drive circuit 500A is explained based on the configuration, next drawing 17 of D1-1. drive circuit 500A. This drive circuit 500A possesses a subtractor circuit 501, a delay circuit 502, a comparator circuit 503, the voltage adjustment circuit 504, the armature-voltage control oscillator circuit (Voltage Controlled Oscillator:VCO) 505, and a driver circuit 506, and is constituted. A detecting signal Va is detected from electrode 34 for detection A, and a detecting signal Vb is detected from electrode 34 for detection B. A subtractor circuit 501 is a circuit which calculates the difference of the detecting signal Va detected by electrode 34A for detection, and the detecting signal Vb detected by electrode 34B for detection, and outputs the difference signal Vc to a delay circuit 502 and a comparator circuit 503. Under the present circumstances, the electrical-potential-difference value of the difference signal Vc becomes  $V_c = |V_a - V_b|$ . Moreover, this subtractor circuit 501 may be constituted and carried out by the bridge circuit. A delay circuit 502 outputs it to a comparator circuit 503, only predetermined time  $t_p$  being delayed and using the difference signal Vc as the delay signal Vd.

[0059] A comparator circuit 503 compares the electrical-potential-difference value of the difference signal Vc with the electrical-potential-difference value of the delay signal Vd, in the case of the difference signal  $V_c \geq$  delay signal Vd, outputs the comparison result signal Ve used as "H" to the voltage adjustment circuit 504, and, in the case of the difference signal  $V_c <$  delay



signal  $V_d$ , outputs the comparison result signal  $V_e$  used as "L" in the voltage adjustment circuit 504. The voltage adjustment circuit 504 changes the electrical-potential-difference value of the adjustment signal  $V_f$  outputted to VCO505 in response to the comparison result signal  $V_e$  in predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  unit. That is, when the comparison result signal  $V_e$  of "H" is received, only the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  raises the electrical-potential-difference value of the adjustment signal  $V_f$ , and when the voltage adjustment circuit 504 receives the comparison result signal  $V_e$  of "L", only the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  drops [ circuit ] the electrical-potential-difference value of the adjustment signal  $V_f$ . Moreover, the voltage adjustment circuit 504 has memorized initial value  $V_{f1}$ , and outputs the adjustment signal  $V_f$  which makes this initial value  $V_{f1}$  an electrical-potential-difference value at the time of starting to VCO505.

[0060] VCO (armature-voltage control oscillator circuit)505 adjusts the frequency of the reference signal  $V_g$  outputted to a driver circuit 506 in response to the adjustment signal  $V_f$ . That is, when the electrical-potential-difference value of the adjustment signal  $V_f$  becomes higher than the electrical-potential-difference value of the last adjustment signal  $V_f$ , only the predetermined value  $f_0$  raises the frequency of a reference signal  $V_g$ , and when the electrical-potential-difference value of the adjustment signal  $V_f$  becomes lower than the electrical-potential-difference value of the last adjustment signal  $V_f$ , VCO505 is adjusted so that only the predetermined value  $f_0$  may lower the frequency of a reference signal  $V_g$ . Moreover, at the time of starting, VCO505 outputs a certain standard-of-frequency signal  $V_g$ , when the adjustment signal  $V_f$  of initial value  $V_{f1}$  is received. Let this frequency be for example, the frequency  $f_{sta}$  (about 284.0kHz). A driver circuit 506 turns and outputs the driving signal  $V_h$  which serves as a fixed electrical-potential-difference value on the frequency of this reference signal  $V_g$  to the electrode 33 of a diaphragm 10 in response to a reference signal  $V_g$ . And this driving signal  $V_h$  is supplied to the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10.

[0061] Actuation of D1-2. drive circuit 500A, next actuation of drive circuit 500A are explained based on the flow chart of drawing 18 . First, this drive circuit 500A is started by supplying a power source (not shown). By switching on a power source, the voltage adjustment circuit 504 outputs the adjustment signal  $V_f$  of the initial value  $V_{f1}$  set up beforehand to VCO505 (step Sa1). VCO505 outputs the reference signal  $V_g$  of the frequency  $f_s$  corresponding to initial value  $V_{f1}$  to a driver circuit 506 in response to the adjustment signal  $V_f$  (step Sa2). A driver circuit 506 outputs the driving signal  $V_h$  of a frequency  $f_{sta}$  to the electrodes 33 and 33 of a diaphragm 10 in response to the reference signal  $V_g$  of a frequency  $f_s$  (step Sa3). And in response to the driving signal  $V_h$  supplied through the electrode 33, the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10 generate longitudinal oscillation and crookedness vibration, as mentioned above (step Sa4).

[0062] Next, a subtractor circuit 501 computes the difference signal  $V_c$  by read in (step Sa5) and the following (1) type, and outputs the electrodes 34A and 34B for detection to the detecting signals  $V_a$  and  $V_b$  to a delay circuit 502 and a comparator circuit 503 (step Sa6).

$$V_c = |V_a - V_b| \dots (1)$$

A delay circuit 502 receives the difference signal  $V_c$ , and outputs the delay signal  $V_d$  with which only predetermined time ( $t_p$  second) was delayed to a comparator circuit 503 (step Sa7). A comparator circuit 503 compares the electrical-potential-difference value of the difference signal  $V_c$  with the electrical-potential-difference value of the delay signal  $V_d$  (step Sa8).  $V_c \geq V_d$  when the electrical-potential-difference value of the difference signal  $V_c$  is beyond an electrical-potential-difference value of the delay signal  $V_d$  in the comparison of step Sa8 ... (2) It comes out and, in a certain case, (step Sa8; YES) and a comparator circuit 503 output the comparison result signal  $V_e$  of "H" level in the voltage adjustment circuit 504 (step Sa9). Case [ the delay signal  $V_d$  has / in / on the other hand / the comparison of step Sa8 / the electrical-potential-difference value of the difference signal  $V_c$  smaller than an electrical-potential-difference value ] (i.e.,  $V_c < V_d$ ) ... (3)

It comes out and, in a certain case, (step Sa8; NO) and a comparator circuit 503 output the comparison result signal  $V_e$  of "L" level in the voltage adjustment circuit 504 (step Sa10).

[0063] Thereby, in response to the comparison result signal  $V_e$ , when this comparison result

signal  $V_e$  is "H" level, the voltage adjustment circuit 504 generates the reference signal  $V_f$  which has the electrical-potential-difference value which applied the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  to the electrical-potential-difference value of the previous reference signal  $V_f$ , and outputs it to VCO505. On the other hand, when the comparison result signal  $V_e$  is "L" level, the reference signal  $V_f$  which has the electrical-potential-difference value which lengthened the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  from the electrical-potential-difference value of the previous reference signal  $V_f$  is generated, and it outputs to VCO505 (step Sa11). The voltage adjustment circuit 504 outputs the adjustment signal  $V_f$  to VCO505 again, VCO505 outputs the reference signal  $V_g$  with which the frequency was changed in response to the adjustment signal  $V_f$  to a driver circuit 506 (step Sa2), and a driver circuit 506 outputs the changed driving signal  $V_h$  of a frequency  $f$  to the electrodes 33 and 33 of a diaphragm 10 in response to the standard-of-frequency signal  $V_g$  (step Sa3). By this, according to distortion of the diaphragm 10 detected, a sequential change of the frequency of a driving signal  $V_h$  will be made.

[0064] Next, a situation of operation until the frequency  $f$  of a driving signal  $V_h$  becomes fixed is explained to drawing 19 and drawing 20. Drawing 19 shows the frequency characteristics of the difference signal  $V_c$  and the engine speed  $N$  of Rota, and drawing 20 shows the timing chart of operation. Here, the frequency of the driving signal  $V_h$  when  $f_{sta}$  and a rotational frequency become max about the frequency of the driving signal  $V_h$  at the time of starting is set to  $f_s$ . It turns out that the curve with almost same electrical-potential-difference value and rotational frequency  $N$  of the difference signal  $V_c$  will be drawn, and near [ where the maximum of the difference signal  $V_c$  and the maximum of a rotational frequency  $N$  are almost the same ] frequency  $f_s$  is generated so that clearly from drawing 19. And since it becomes the difference signal  $V_c \geq$  delay signal  $V_d$  by distortion occurring in a diaphragm 10 and setting up the initial value of the delay signal  $V_d$  lower than the minimum value (for example, difference signal in case there is no distortion) of the difference signal  $V_c$  as shown in drawing 20 when drive circuit 500A is started, the frequency  $f$  of the reference signal  $V_g$  outputted from VCO505 rises. In order to continue maintaining the relation of a difference signal  $V_c \geq$  delay signal also after that, the frequency  $f$  of a reference signal  $V_g$  goes up gradually. And when the frequency  $f$  of a driving signal  $V_h$  exceeds  $f_s$  (i.e., when it becomes the difference signal  $V_c <$  delay signal  $V_d$ ), the frequency  $f$  of the reference signal  $V_g$  outputted from VCO505 is lowered. Thereby, the frequency of a driving signal  $V_h$  can be brought close to the almost fixed frequency  $f_s$ .

[0065] As shown in drawing 21, on the field of a diaphragm 10, the diaphragm 10 equipped with electrode 34C for detection arranged at the about 36 contact section is used in the drive circuit of drive \*\*\*\*\* using the detecting signal of 2.1 D. This electrode 34C for detection is a thing corresponding to the electrode P1 for detection of drawing 12, and a detecting signal  $V_a$  is outputted. Since this electrode 34C for detection detects distortion when a diaphragm 10 contacts Rota 100, it may be electrode 34 for detection E prepared like electrode 34D for detection prepared in the diaphragm 10 like drawing 22, and drawing 23, and, in short, should just detect distortion produced from the supporter material 11 with a load before the contact section 36.

[0066] Drive circuit 500B is explained based on the configuration, next drawing 24 of D2-1. drive circuit 500B. This drive circuit 500B possesses the peak hold circuit 507, a delay circuit 502, a comparator circuit 503, the voltage adjustment circuit 504, the armature-voltage control oscillator circuit (Voltage Controlled Oscillator:VCO) 505, and a driver circuit 506, and is constituted. Here, since it is the same as that of the configuration of drive circuit 500A mentioned above except peak hold circuit 507, the explanation shall be omitted. The peak hold circuit 507 outputs the peak signal \*\*\*\* which held the peak value of the electrical-potential-difference value of the detecting signal  $V_a$  detected by electrode 34C for detection to a delay circuit 502 and a comparator circuit 503. Moreover, a delay circuit 502 outputs it to a comparator circuit 503, only predetermined time  $t_p$  being delayed and using this peak signal \*\*\*\* as the delay signal  $V_q$ .

[0067] Actuation of D2-2. drive circuit 500B, next actuation of drive circuit 500B are explained based on the flow chart of drawing 25. First, this drive circuit 500B is started by switching on a

power source (not shown). By supplying a power source, the voltage adjustment circuit 504 outputs the adjustment signal  $V_f$  of the initial value  $V_{f1}$  set up beforehand to VCO505 (step Sb1). VCO505 outputs the reference signal  $V_g$  of the frequency  $f_s$  corresponding to initial value  $V_{f1}$  to a driver circuit 506 in response to the adjustment signal  $V_f$  (step Sb2). A driver circuit 506 outputs the driving signal  $V_h$  of a frequency  $f_{sta}$  to the electrodes 33 and 33 of a diaphragm 10 in response to the reference signal  $V_g$  of a frequency  $f_s$  (step Sb3). And in response to the driving signal  $V_h$  supplied through the electrode 33, the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10 generate longitudinal oscillation and crookedness vibration, as mentioned above (step Sb4).

[0068] Next, the peak hold circuit 507 outputs the peak value of read in (step Sb5) and the electrical-potential-difference value of this detecting signal  $V_a$  for a detecting signal  $V_a$  as a peak signal \*\*\*\* from electrode 34C for detection (step Sb6). A delay circuit 502 receives the peak signal \*\*\*\*, and outputs the delay signal  $V_q$  with which only predetermined time ( $t_p$  second) was delayed to a comparator circuit 503 (step Sb7). A comparator circuit 503 compares the electrical-potential-difference value of the peak signal \*\*\*\* with the electrical-potential-difference value of the delay signal  $V_q$  (step Sb8). \*\*\*\* $\geq V_q$  when the electrical-potential-difference value of the peak signal \*\*\*\* is beyond an electrical-potential-difference value of the delay signal  $V_q$  in the comparison of step Sb8 ... (4)

It comes out and, in a certain case, (step Sb8; YES) and a comparator circuit 503 output the comparison result signal  $V_e$  of "H" level in the voltage adjustment circuit 504 (step Sb9). Case [ the delay signal  $V_q$  has / in / on the other hand / the comparison of step Sb8 / the electrical-potential-difference value of the peak signal \*\*\*\* smaller than an electrical-potential-difference value ] (i.e., \*\*\*\* $< V_q$ ) ... (5)

It comes out and, in a certain case, (step Sb8; NO) and a comparator circuit 503 output the comparison result signal  $V_e$  of "L" level in the voltage adjustment circuit 504 (step Sb10).

[0069] Thereby, in response to the comparison result signal  $V_e$ , when this comparison result signal  $V_e$  is "H" level, the voltage adjustment circuit 504 generates the reference signal  $V_f$  which has the electrical-potential-difference value which applied the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  to the electrical-potential-difference value of the previous reference signal  $V_f$ , and outputs it to VCO505. On the other hand, when the comparison result signal  $V_e$  is "L" level, the reference signal  $V_f$  which has the electrical-potential-difference value which lengthened the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  from the electrical-potential-difference value of the previous reference signal  $V_f$  is generated, and it outputs to VCO505 (step Sb11). The voltage adjustment circuit 504 outputs the adjustment signal  $V_f$  to VCO505 again, the reference signal  $V_g$  with which the frequency which VCO505 made correspond to an electrical-potential-difference value in response to the adjustment signal  $V_f$  was changed is outputted to a driver circuit 506 (step Sb2), and a driver circuit 506 outputs the driving signal  $V_h$  with which the frequency  $f$  was changed to the electrodes 33 and 33 of a diaphragm 10 in response to the standard-of-frequency signal  $V_g$  (step Sa3). By this, according to distortion of the diaphragm 10 detected, a sequential change of the frequency of a driving signal  $V_h$  will be made.

[0070] Drive circuit 500C is explained based on the configuration, next drawing 26 of other drive circuit D3-1. drive circuit 500C using the detecting signal of 3.1 D. This drive circuit 500C possesses the phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit 508, a voltage stabilizer 509, a comparator circuit 503, the voltage adjustment circuit 504, the armature-voltage control oscillator circuit (Voltage Controlled Oscillator:VCO) 505, and a driver circuit 506, and is constituted. Here, since it is the same as that of the configuration of drive circuit 500A mentioned above except phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit 508 and voltage stabilizer 509, the explanation shall be omitted. The phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit 508 detects the phase contrast of the phase of the detecting signal  $V_a$  detected from electrode 53C for detection, and the phase of a driving signal  $V_h$ , and outputs the phase contrast voltage signal  $V_j$  which has an electrical-potential-difference value equivalent to average phase contrast to a comparator circuit 503. Here, based on drawing 27, the outline configuration of the phase contrast-electrical-potential-difference conversion

circuit 508 is explained. The phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit 508 is divided roughly into phase contrast detecting-element 508A and average electrical-potential-difference transducer 508B. A detecting signal  $V_a$  and a driving signal  $V_h$  are inputted, and phase contrast detecting-element 508A generates the phase contrast signal  $V_{pd}$  which has the pulse width equivalent to the phase contrast of both signals, and outputs it to average electrical-potential-difference transducer 508B. An example when the phase contrast of a detecting signal  $V_a$  and a driving signal  $V_h$  is small (phase contrast = in the case of  $\Delta\phi_1$ ) is shown in drawing 28. When the wave of a detecting signal  $V_a$  and a driving signal  $V_h$  shows drawing 28 (a), respectively, the pulse width of the phase contrast signal  $V_{pd}$  equivalent to the phase contrast detected is set to  $\Delta\phi_1$  as shown in drawing 28 (b). Then, average electrical-potential-difference transducer 508B generates the phase contrast voltage signal  $V_j$  which has the average electrical-potential-difference value  $V_{av1}$  which is equivalent to the pulse width  $\Delta\phi_1$  of the phase contrast signal  $V_{pd}$  with the integrating circuit which is not illustrated, and outputs it to a comparator circuit 503.

[0071] Moreover, an example when the phase contrast of a detecting signal  $V_a$  and a driving signal  $V_h$  is large (phase contrast = in the case of  $\Delta\phi_2$ ) is shown in drawing 29. When the wave of a detecting signal  $V_a$  and a driving signal  $V_h$  shows drawing 29 (a), respectively, the pulse width of the phase contrast signal  $V_{pd}$  equivalent to the phase contrast detected is set to  $\Delta\phi_2$  as shown in drawing 29 (b). Then, average electrical-potential-difference transducer 508B generates the phase contrast voltage signal  $V_j$  which has the average electrical-potential-difference value  $V_{av2}$  which is equivalent to the pulse width  $\Delta\phi_2$  of the phase contrast signal  $V_{pd}$  with the integrating circuit which is not illustrated, and outputs it to a comparator circuit 503.

[0072] Moreover, a voltage stabilizer 509 outputs the criteria phase contrast signal  $V_k$  which has an electrical-potential-difference value equivalent to the optimal phase contrast of the phase of the detecting signal  $V_a$  for which it asked beforehand, and the phase of a driving signal  $V_h$  to a comparator circuit 503.

[0073] Actuation of D3-2. drive circuit 500C, next actuation of drive circuit 500C are explained based on the flow chart of drawing 30. First, this drive circuit 500C is started by switching on a power source (not shown). By supplying a power source, the voltage adjustment circuit 504 outputs the adjustment signal  $V_f$  of the initial value  $V_{f1}$  set up beforehand to VCO505 (step Sc 1). VCO505 outputs the reference signal  $V_g$  of the frequency  $f_s$  corresponding to initial value  $V_{f1}$  to a driver circuit 506 in response to the adjustment signal  $V_f$  (step Sc 2). A driver circuit 506 outputs the driving signal  $V_h$  of a frequency  $f_{sta}$  to the electrodes 33 and 33 of a diaphragm 10 in response to the reference signal  $V_g$  of a frequency  $f_s$  (step Sc 3). And in response to the driving signal  $V_h$  supplied through the electrode 33, the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10 generate longitudinal oscillation and crookedness vibration, as mentioned above (step Sc 4).

[0074] Next, by processing which mentioned above electrode 34C for detection to a detecting signal  $V_a$  and a driving signal  $V_h$  from the phase contrast of the phase of read in (step Sc 5) and this detecting signal  $V_a$ , and the phase of a driving signal  $V_h$ , the phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit 508 generates the phase contrast voltage signal  $V_j$ , and outputs it to a comparator circuit (step Sc 6). A comparator circuit 503 compares the electrical-potential-difference value of the phase contrast voltage signal  $V_j$  with the electrical-potential-difference value of the criteria phase contrast signal  $V_k$  outputted from a voltage stabilizer 509 (step Sc 7). It sets to the comparison of a step Sc 8, and, in beyond the electrical-potential-difference value of the criteria phase contrast signal  $V_k$  (i.e.,  $V_j \geq V_k$ ), the electrical-potential-difference value of the phase contrast voltage signal  $V_j$  is. ... (6)

It comes out and, in a certain case, (step Sc8; YES) and a comparator circuit 503 output the comparison result signal  $V_e$  of "H" level in the voltage adjustment circuit 504 (step Sc 8). Case [ the criteria phase contrast signal  $V_k$  has / in / on the other hand / the comparison of a step Sc 8 / the electrical-potential-difference value of the phase contrast voltage signal  $V_j$  smaller than an electrical-potential-difference value ] (i.e.,  $V_j < V_k$ ) ... (7)

It comes out and, in a certain case, (step Sc8; NO) and a comparator circuit 503 output the

comparison result signal  $V_e$  of "L" level in the voltage adjustment circuit 504 (step Sc 9). [0075] Thereby, in response to the comparison result signal  $V_e$ , when this comparison result signal  $V_e$  is "H" level, the voltage adjustment circuit 504 generates the reference signal  $V_f$  which has the electrical-potential-difference value which applied the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  to the electrical-potential-difference value of the previous reference signal  $V_f$ , and outputs it to VCO505. On the other hand, when the comparison result signal  $V_e$  is "L" level, the reference signal  $V_f$  which has the electrical-potential-difference value which lengthened the predetermined electrical-potential-difference value  $V_{f0}$  from the electrical-potential-difference value of the previous reference signal  $V_f$  is generated, and it outputs to VCO505 (step Sc 10). The voltage adjustment circuit 504 outputs the adjustment signal  $V_f$  to VCO505 again, the reference signal  $V_g$  with which the frequency which VCO505 made correspond to an electrical-potential-difference value in response to the adjustment signal  $V_f$  was changed is outputted to a driver circuit 506 (step Sc 2), and a driver circuit 506 outputs the driving signal  $V_h$  with which the frequency  $f$  was changed to the electrodes 33 and 33 of a diaphragm 10 in response to the standard-of-frequency signal  $V_g$  (step Sc 3). By this, according to distortion of the diaphragm 10 detected, a sequential change of the frequency of a driving signal  $V_h$  will be made.

[0076] E. Explain actuation of a calender display device, next the drive configuration of the drive circuit 500 which drives electrostrictive actuator A, referring to drawing 31. In addition, the drive circuits 500 may be any among the drive circuits 500A, 500B, and 500C mentioned above. As shown in this drawing, the detection means 601 and the Japanese delivery detection means 602 are formed in the drive circuit 500 at 0:00 a.m. The 0:00 a.m. detection means 601 is the mechanical switch built into the movement 73 (refer to drawing 2), and if 0:00 a.m. comes, a control signal will be outputted to the drive circuit 500. Moreover, the Japanese delivery detection means 602 makes the principal part the flat spring 64 and contact 65 (refer to drawing 1) which were mentioned above, a flat spring 64 and contact 65 contact, namely, if Japanese delivery termination is detected, it will output a control signal to the drive circuit 500.

[0077] A drive is started based on the control signal with which the drive circuit 500 is supplied from the detection means 601 at 0:00 a.m., and the control signal supplied from the Japanese delivery detection means 602. As mentioned above by this, the drive circuit 500 starts actuation and even vibration rotates Rota 100 for a diaphragm 10 by \*\*\*\*\*. Although a Japanese time is carried out and the middle vehicle 40 will be rotated one time on the 1st, the period is limited time amount started at 0:00 a.m. Therefore, if only the period concerned is oscillated, it is sufficient for the drive circuit 500. If it is in the drive circuit 500 of this example, the period without the need of carrying out a Japanese time and rotating the middle vehicle 40 is stopping actuation of the drive circuit 500 completely by setting all the component circuits of the drive circuit 500 as non-operating state with a drive control signal. Therefore, the power consumption of the drive circuit 500 is reducible.

[0078] Next, it explains, referring to drawing 1, drawing 3, drawing 4, and drawing 31 about the renewal actuation of automatic of the calender display device equipped with electrostrictive actuator A of the above-mentioned configuration. If 0:00 a.m. comes in each day, it will be detected that 0:00 a.m. came with the detection means 601 at 0:00 a.m., and the drive circuit 500 will be started. The driving signal  $V_h$  of a frequency with which the Rota rotational frequency mostly in agreement turns into resonance frequency of longitudinal oscillation from the drive circuit 500 with max by this is supplied to the piezoelectric devices 30 and 31 of a diaphragm 10 through electrodes 33 and 33.

[0079] If the driving signal  $V_h$  from the drive circuit 500 is impressed to electrodes 33 and 33, piezoelectric devices 30 and 31 will bend and vibrate by telescopic motion, and a diaphragm 10 will carry out longitudinal oscillation. Under the present circumstances, when the direction of polarization of piezoelectric devices 30 and 31 is made to become the same as mentioned above, an electrical potential difference is impressed so that the potential of a top face, a center, and an inferior surface of tongue may be respectively set to  $+V$ , 0, and  $-V$  (or  $-V$ , 0,  $+V$ ). Moreover, when the direction of polarization of piezoelectric devices 30 and 31 is reverse, an electrical potential difference is impressed so that the potential of a top face, a center, and an inferior

surface of tongue may be respectively set to +V, 0, and +V (or -V, 0, -V) (refer to drawing 7 ). And if a diaphragm 10 is electrically excited by the lengthwise direction, crookedness vibration will be mechanically induced by the unbalance of the weight balance of a diaphragm 10. And by compounding longitudinal oscillation and crookedness vibration, the contact section 36 displaces along an elliptical orbit, and drives Rota 100.

[0080] Thus, when electrostrictive actuator A drives by the drive circuit 500, Rota 100 rotates in the direction of the clockwise rotation in drawing 4 , and carries out a Japanese time in connection with this, and the middle vehicle 40 starts rotation in the direction of a counterclockwise rotation.

[0081] Here, when the flat spring 64 and contact 65 which are shown in drawing 1 contact, the drive circuit 500 is constituted so that supply of a driving signal may be suspended. Point 64a has entered into notch 4c in the condition that a flat spring 64 and contact 65 contact.

Therefore, a Japanese time is carried out and the middle vehicle 40 starts rotation from such a condition.

[0082] Since Japanese \*\*\*\*\* 60 is energized by the flat spring 63 in the direction of a clockwise rotation, it will rotate it, narrow diameter portion 4a sliding on the gear teeth 6a and 6b of Japanese \*\*\*\*\* 60. If notch 4c arrives at the location of gear-tooth 6a of Japanese \*\*\*\*\* 60 in the middle, gear-tooth 6a will gear with notch 4c.

[0083] Next, if a Japanese time is carried out and the middle vehicle 40 rotates in the direction of a counterclockwise rotation succeedingly, the Japanese time of Japanese \*\*\*\*\* 60 will be carried out, it will be interlocked with the middle vehicle 40, and will rotate a part for one gear tooth, i.e., "1/5" periphery, in the direction of a clockwise rotation. Furthermore, this is interlocked with and the Japanese vehicle 50 rotates in the direction of a clockwise rotation by one gear tooth (it is equivalent to the date range of the part on the 1st). In addition, in the final day of the month with which the days within a month do not fill "31", the multiple-times loop of the above-mentioned actuation will be carried out, and the right day based on a calendar will be displayed by the Japanese vehicle 50.

[0084] And if a Japanese time is carried out, the middle vehicle 40 rotates in the direction of a counterclockwise rotation succeedingly and notch 4c arrives at the location of point 64a of a flat spring 64, point 64a will enter into notch 4c. Then, a flat spring 64 and contact 65 contact, supply of a driving signal completes and carries out a Japanese time, and rotation of the middle vehicle 40 stops. Therefore, a Japanese time will be carried out and the middle vehicle 40 will be rotated one time on the 1st.

[0085] F. As explained beyond the effectiveness of this operation gestalt, with this operation gestalt, using thin electrostrictive actuator A which can be installed in a limited tooth space called a wrist watch, it can be efficient and a calender display device can be driven. Moreover, the drive circuit 500 which drives electrostrictive actuator A detects distortion of a diaphragm 10, detects the vibrational state of a diaphragm 10 from this distortion, and since it controlled the frequency of a driving signal  $V_h$  to maintain the always same vibrational state, it becomes possible [ driving Rota 100 rotated with vibration of a diaphragm at the always optimal rotational frequency ]. The conversion efficiency which transforms into the mechanical energy (rotation) of Rota 100 by this the electrical energy of the driving signal  $V_h$  supplied to a diaphragm 10 can be raised, and it becomes possible to realize efficient electrostrictive actuator A. Consequently, electrostrictive actuator A can perform stable drive control.

[0086] F. Various deformation which is modifications and which this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt, and is illustrated below is possible.

[0087] (Modification 1) In the operation gestalt mentioned above, although the case where it adopted as a driving source of a calender display device in which electrostrictive actuator A and the drive circuit 500 are carried by the wrist watch was mentioned as the example and explained, it is not limited to this and this invention can be applied to the drive of amusement devices, such as the device of other classes, for example, a toy etc., or the drive of a small blower. Moreover, as mentioned above, electrostrictive actuator A is suitable as an actuator carried in the pocket device by which a cell drive is carried out since the drive with a well head is possible possible [ thin-shape-izing and a miniaturization ].

[0088] It is possible to adopt electrostrictive actuator A and the drive circuit 500 as the noncontact IC card which has a settlement-of-accounts function as the example. The appearance perspective view of a noncontact IC card is shown in drawing 32. The balance display counter 401 which performs a balance display is formed in the front-face side of a noncontact IC card 400. The balance display counter is equipped with the low order digit display 403 on which 401 displays the high-order-digit display 402 which displays a double figures high order as the balance of 4 figures is displayed and is shown in drawing 33, and double figures low order.

[0089] The detail configuration side elevation of the high-order-digit display 402 is shown in drawing 34. The high-order-digit display 402 is connected with the electrostrictive actuator A1 through Rota 100A, and is driven with the driving force of Rota 100A. The principal part of the high-order-digit display 402 has feed blade 402A. Rota 100A 1/n rotation Drive gear 402A which will rotate one time if it carries out, 1st high-order-digit display vehicle 402B which rotates by one graduation by one rotation of drive gear 402A, It has 2nd high-order-digit display vehicle 402C which rotates by one graduation, and holddown-member 402D which fixes 1st high-order-digit display vehicle 402B at the time of the nonrotation of 1st high-order-digit display vehicle 402B, and consists of one rotation of 1st high-order-digit display vehicle 402B. In addition, the holddown member which fixes 2nd high-order-digit display vehicle 402C and which is not illustrated is prepared also about 2nd high-order-digit display vehicle 402B.

[0090] Drive gear 402A will rotate one time, if Rota 100A does 1/n rotation of. And feed blade 402A will have geared in the delivery gear section 402B3 of 1st high-order-digit display vehicle 402B, and 1st high-order-digit display vehicle 402B will rotate by one graduation. Furthermore, 1st high-order-digit display vehicle 402B rotates, when it rotates one time, delivery pin 402B prepared in 1st high-order-digit display vehicle 402B rotates delivery gear 402 B-2, delivery gear 402C of 2nd high-order-digit display vehicle 402C with which delivery gear 402B has geared is rotated, and 2nd high-order-digit display vehicle 402C is made rotated by one graduation. The low order digit display 403 is connected with the electrostrictive actuator A2 through Rota 100B, and is driven with the driving force of Rota 100B. If the principal part of the low order digit display 403 has a feed blade 403A1 and Rota 100B does 1/n rotation of, it is equipped with drive gear 403A which rotates one time, 1st low order digit display vehicle 403B which rotates by one graduation by one rotation of drive gear 403A, and 2nd low order digit display vehicle 403C which rotates by one graduation by one rotation of 1st low order digit display vehicle 403B.

[0091] The detail configuration front view of the low order digit display 403 is shown in drawing 35, and a detail configuration side elevation is shown in drawing 36, respectively. 1st low order digit display vehicle 403B has the delivery gear section 403B1 which gears to the feed blade 403A1 of drive gear 403A, and rotates by one graduation by one rotation of drive gear 403A. And whenever delivery pin 403 B-2 is prepared and one revolution 1st low order digit display vehicle 403B rotates, 1st low order digit display vehicle 403B is made to rotate delivery gear 403B, and is made to rotate 2nd low order digit display vehicle 403C by one graduation. In this case, at the time of nonrotation, holddown-member 403D of 1st low order digit display vehicle 403B gears in the delivery gear section 403B1, and fixes 1st low order digit display vehicle 403B. Moreover, at the time of the nonrotation of 2nd low order digit display vehicle 403C, holddown-member 403E of 2nd low order digit display vehicle 403C gears to delivery gear section 403F, and fixes 2nd low order digit display vehicle 403C. In this case, the actuator A1 and the actuator A2 are set up so that it may synchronize by drive circuit 200B and may drive, and they are driving drive circuit 200B by inputting the drive control signal which is equivalent to the settlement-of-accounts amount of money with the IC card chip which is not illustrated.

[0092] By the above configurations, also in thin equipment like a noncontact IC card, a balance frame display can be performed mechanically, and since it can display except the time of a drive, without needing a power source, while being able to express as low goods power, when a power source becomes that there is nothing in \*\*, the display till then can be held.

[0093] (Modification 2) It is also possible to constitute so that the generator yard warehouse type power source which has others, a solar battery, a heat generator, a mechanical generator, and accumulation-of-electricity equipment (a capacitor or rechargeable battery) may be used as

a power source of the above-mentioned electrostrictive actuator. [ cell / (a primary cell and rechargeable battery) ]

[0094] (Modification 3) Although the case where the rotation drive of Rota 100 which is in contact with the contact section 36 when a diaphragm 10 vibrates was carried out was illustrated with the operation gestalt mentioned above again, not only this but this invention can apply the candidate for a drive to the linear actuator driven in the shape of a straight line.

[0095] (Modification 4) With the operation gestalt mentioned above, although he was trying to use the rectangle-like diaphragm 10, the configuration of a diaphragm 10 cannot be restricted in the shape of a rectangle, and the thing of various configurations, such as the shape of the shape of trapezoidal shape and a parallelogram and a rhombus and a triangle, can be used again that what is necessary is just the configuration which has a longitudinal direction.

[0096] (Modification 5) Although the part of the piezoelectric device in which the electrode for detection and this electrode are located shall constitute a distorted detecting element from the operation gestalt mentioned above again, this invention may stick not only this but a tabular piezoelectric device on a diaphragm, and may use it as a piezo-electric sensor.

[0097]

[Effect of the Invention] According to this invention, as explained above, distortion of a diaphragm is detected, and since the frequency of a driving signal was controlled to be always vibrating at the maximum from this distortion about a diaphragm, it becomes possible to always drive the candidate for a drive in the optimal actuation. Furthermore, though it is the configuration in which small and thin-shape-izing are possible, efficient and the stable drive can be performed.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the top view showing the configuration of the principal part of the calender display device in the wrist watch concerning 1 operation gestalt of this invention.
- [Drawing 2] It is the sectional view showing the outline configuration of said wrist watch.
- [Drawing 3] It is the sectional view showing the principal part of said calender display device.
- [Drawing 4] It is the top view showing the configuration of the electrostrictive actuator which is the component of said calender display device.
- [Drawing 5] It is the sectional view showing the diaphragm which is the component of said electrostrictive actuator.
- [Drawing 6] It is drawing having shown the polar zone formed on the field of the piezoelectric device of said diaphragm.
- [Drawing 7] It is drawing showing the drive configuration of the outline at the time of impressing an electrical potential difference to the piezoelectric device of said diaphragm.
- [Drawing 8] Said diaphragm is drawing showing typically signs that longitudinal oscillation is carried out.
- [Drawing 9] Said diaphragm is drawing showing typically signs that crookedness vibration is carried out.
- [Drawing 10] It is drawing for explaining the orbit of the contact section at the time of vibration of said diaphragm.
- [Drawing 11] It is drawing showing the arrangement location of an imbalance controller.
- [Drawing 12] It is the graph which shows an example of the relation between the oscillation frequency of said diaphragm, and an impedance.
- [Drawing 13] It is the top view showing the arrangement location of the electrode for detection established in four corners of said diaphragm.
- [Drawing 14] It is the property Fig. showing the electrical-potential-difference value and impedance of a detecting signal which are obtained when a diaphragm is made to drive by unloaded condition.
- [Drawing 15] It is the property Fig. showing the electrical-potential-difference value, impedance, and the Rota rotational frequency of the detecting signal obtained when a diaphragm is made to drive in the state of a drive.
- [Drawing 16] It is the top view showing the arrangement location of the electrode for detection established in said diaphragm.
- [Drawing 17] It is the block diagram showing the configuration of the drive circuit used for this operation gestalt.
- [Drawing 18] It is the flow chart which shows actuation of this drive circuit.
- [Drawing 19] It is the property Fig. showing the frequency characteristics of the difference signal  $V_c$  and the rotational frequency  $N$  of Rota.
- [Drawing 20] It is the timing chart which shows the frequency of the difference signal  $V_c$ , the delay signal  $V_d$ , and a driving signal  $V_h$ .
- [Drawing 21] It is the top view showing the arrangement location of other electrodes for detection established in said diaphragm.

[Drawing 22] It is the top view showing the arrangement location of other electrodes for detection established in said diaphragm.

[Drawing 23] It is the top view showing the arrangement location of other electrodes for detection established in said diaphragm.

[Drawing 24] It is the block diagram showing the configuration of other drive circuits used for this operation gestalt.

[Drawing 25] It is the flow chart which shows actuation of this drive circuit.

[Drawing 26] It is the block diagram showing the configuration of other drive circuits used for this operation gestalt.

[Drawing 27] It is the block diagram showing the configuration of a phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit.

[Drawing 28] It is drawing showing a wave when the phase contrast in a phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit is small.

[Drawing 29] It is drawing showing a wave when the phase contrast in a phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit is large.

[Drawing 30] It is the flow chart which shows actuation of this drive circuit.

[Drawing 31] It is a block diagram at the time of using an electrostrictive actuator and a drive circuit for a calender display device.

[Drawing 32] It is the explanatory view of the configuration of a balance display counter.

[Drawing 33] It is the detail configuration front view of a high-order-digit display.

[Drawing 34] It is the detail configuration side elevation of a high-order-digit display.

[Drawing 35] It is the detail configuration front view of a low order digit display.

[Drawing 36] It is the detail configuration side elevation of a low order digit display.

[Description of Notations]

10 ... Diaphragm

11 ... Supporter material

30 31 ... Piezoelectric device

33 ... Electrode

34A, 34B, 34C, 34D, 34E ... Electrode for detection

36 ... Contact section

100 ... Rota

500,500A, 500B, 500C ... Drive circuit

501 ... Subtractor circuit

502 ... Delay circuit

503 ... Comparator circuit

504 ... Voltage adjustment circuit

505 ... Armature-voltage control oscillator circuit (VCO)

506 ... Driver circuit

507 ... Peak hold circuit

508 ... Phase contrast-electrical-potential-difference conversion circuit

509 ... Voltage stabilizer

A .... Electrostrictive actuator

---

[Translation done.]